Ueber den

# Theilungsvorgang der Zellkerne

und das Verhältniss der

# Kerntheilung zur Zelltheilung.

Von

Eduard Strasburger.

Mit 3 Tafeln.

Bonn

Verlag von Max Cohen & Sohn (Fr. Cohen).

1882.

Separat-Abdruck aus dem Archiv für mikroskopische Anatomie
XXI. Band.

Alle Rechte vorbehalten.

## Inhaltsverzeichniss.


Seite

Einleitung . . . . . 1
Untersuchungsmethoden . . . . . 2
Protoplasma . . . . . 4
Pollenmutterzellen von Fritillaria persica . . . . . 5
Von Lilium candidum und croceum . . . . . 18
Von Funkia Sieboldiana . . . . . 19
Von Alstroemeria chilensis . . . . . 20
Von Hemerocallis fulva . . . . . 20
Gleichzeitige Theilung in mehr als zwei Zellen . . . . . 22
Pollenmutterzellen von Tradescantien . . . . . 24
Ausscheidung von Secretkörperchen . . . . . 26
Endosperm von Fritillaria imperialis . . . . . 31
Protoplasmatischer Wandbeleg des Embryosackes von Fritillaria imperialis . . . . . 35
Von Lilium Martagon . . . . . 36
Von Lilium croceum . . . . . 37
Von Galanthus nivalis . . . . . 38
Parenchym von Hyacinthus orientalis . . . . . 41
Protoplasmatischer Wandbeleg des Embryosackes von Hyacinthus orientalis . . . . . 42
Von Iris sibirica . . . . . 42
Gewebe von Asparagus officinalis . . . . . 43
Endosperm von Convallaria majalis, von Nothoscordum fragrans und von Allium odorum . . . . . 43
Staubfädenhaare von Tradescantia . . . . . 44
Mehrpolige Kernspindeln . . . . . 46
Protoplasmatischer Wandbeleg des Embryosackes von Dictamnus albus . . . . . 46
Endosperm von Corydalis cava . . . . . 47

Seite

Protoplasmatischer Wandbeleg des Embryosackes von Lupinus subcarnosus . . . . . 47
Von Helleborus foetidus . . . . . 48
Chara . . . . . 48
Spirogyra . . . . . 49
Oedogonium . . . . . 52
Zusammenstellung und Deutung der bei Pflanzen gewonnenen Resultate und Vergleich derselben mit den Vorgängen im Thierreich, vornehmlich bei Salamandra . . . . . 52
Kurzer Ueberblick der Resultate . . . . . 94
Directe Kerntheilung . . . . . 98
Theilung der Chlorophyllkörner . . . . . 103
Verhältniss der directen zu der indirecten Kerntheilung . . . . 105
Verhältniss der Kerntheilung zur Zelltheilung . . . . . 105
Erklärung der Abbildungen . . . . . 109

Es soll hier zunächst meine Aufgabe sein, einige Beispiele der Kern- und Zelltheilung möglichst eingehend zu schildern. Diese Beispiele wurden so gewählt, dass sie, soweit meine Erfahrung reicht, die gegebene Mannigfaltigkeit der Fälle annähernd erschöpfen. Schon bei der Bearbeitung der letzten Auflage meines Zellenbuches, wo ich durch den Umfang der Aufgabe genöthigt, meinen Sinn mehr auf das Ganze richten musste, hatte sich der Wunsch zu einer, mehr in's Einzelne gehenden Untersuchung besonders ausgewählter Objecte in mir geregt. Aeussere Umstände und anderweitige Arbeiten verhinderten längere Zeit die Ausführung dieses Planes und würde derselbe kaum in einem Abschlusse schon vorliegen können, wenn mir nicht von befreundeter Seite unverhoffte Hilfe zu Theil geworden wäre. Als ich nämlich vor längerer Zeit, noch in den Arbeiten über Membranbildung begriffen, Herrn Emil Heuser aus Aachen meine Absichten betreffs erneuerter Untersuchung der Kerntheilung entwickelte, hatte derselbe die Güte, sich zur Anfertigung der gewünschten Präparate anzubieten. Dieser Aufgabe widmete derselbe seitdem mit unermüdlichem Eifer jeden freien Augenblick und als ich meine Untersuchungen über Kerntheilung wieder aufnehmen konnte, lag mir bereits eine Fülle der vorzüglichsten Präparate zur Verfügung vor. Fast alle in diesem Aufsatz zur Besprechung kommenden Safranin-Präparate sind von seiner Hand; Herr Emil Heuser hat in der Anfertigung derselben sich schliesslich eine wahre Meisterschaft erworben; für seine so erfolgreiche Hilfe bin ich ihm zu aufrichtigstem Danke verpflichtet.

Die neuen Arbeiten, welche seit dem Erscheinen der dritten

Auflage meines Zellenbuches auf dem Gebiete der Kern- und Zelltheilung veröffentlicht worden sind, so wie die Gegensätze, die sich aus denselben entwickelt haben, sollen in dieser Arbeit besondere Berücksichtigung finden.

Die Disposition dieser Arbeit ist nun die: dass nach Angabe der Untersuchungsmethoden, eine allgemeine Verständigung über den Bau des Zellkörpers und die bei dessen Schilderung zu brauchenden Ausdrücke folgen soll, hieran die in's Einzelne gehende Beschreibung bestimmter Fälle angeknüpft wird und schliesslich eine Zusammenfassung der Resultate und Litteraturbesprechung den Schluss bildet.

Zur Untersuchung dienten fast ausschliesslich gehärtete Präparate, nur wenige Objecte wurden vergleichsweise auch im Leben studirt. Die Härtung geschah mit absolutem Alcohol oder mit 1% Essigsäure. Um Dauerpräparate zu erhalten, diente nur das erste Verfahren, welches sich für Pflanzen meist vorzüglich bewährt. Solche Präparate wurden dann nach der Hermann'schen, durch Flemming[1]) weiter entwickelten Methode, mit Safranin gefärbt. Die Schnitte haben in einer Lösung von Safranin in absolutem Alcohol, nachdem diese etwa halb mit destillirtem Wasser verdünnt wurde, 12 bis 24 Stunden zu liegen, worauf man sie in absoluten Alcohol überträgt und hier so lange hin und her bewegt, als noch sichtliche Farbenwolken abgehen. Dann bringt man die Schnitte in Nelkenöl und, sobald völlig durchtränkt, in kalte Damarlösung (Damar in warmem Terpentin gelöst und bis zu Syrupdicke abgedampft[2]), wo sie sich unverändert halten. Bei richtiger Behandlung ist nur die Kernsubstanz tingirt. Einige Uebung lässt den Tinctionsgrad richtig treffen und liefert Präparate von ausserordentlicher Schärfe und Deutlichkeit. — Der 1% Essigsäure, mit der ich andre Präparate fixirte, war etwas Methylgrün zugesetzt. Diese Lösung fixirt und tingirt fast momentan und ist, da auch der Farbstoff bei richtiger Concentration nur in die Kernsubstanz aufgenommen wird, ein vorzügliches Hilfsmittel beim Studium[3]). Namentlich ist diese Methode zu empfehlen dort, wo

1) Archiv f. mikr. Anat. Bd. 19. p. 317.

2) Flemming l. c. p. 320—322.

3) Zellbildung und Zelltheilung III. Aufl. p. 141.

es gilt, rasch sich zu orientiren. Sie ergänzt auch die Safranin-Nelkenöl-Damara-Präparate, indem sie die Spindelfasern viel schärfer hervortreten lässt. Leider halten sich die Essigsäure-Methylgrün-Praparate meist nur wenige Stunden; auch veranlasst die Essigsäure eine Quellung der jüngeren Cellulose-Wände wo solche vorhanden, was ebenfalls die Beobachtung alsbald stören kann. — Mit Methylgrün tingirte Alcohol-Präparate sind wegen der raschen Färbung und des deutlichen Hervortretens der Spindelfasern oft von Werth; ich setze den Farbstoff verdünntem Glycerin zu und lege in dieses die Schnitte ein, die Tinctionen sind aber viel weniger dauerhaft als diejenigen mit Safranin. Auch mit 50 % Salpetersäure [1]) habe ich in manchen Fällen fixirt, nach dem Auswaschen mit Methylgrün gefärbt und auf diese Art sehr scharfe Tinctionsbilder erhalten. Fixirungen mit Chrom- und Picrinsäure entsprechenden Concentrationen habe ich nicht vorgenommen, da die angeführten Methoden bereits allen Anforderungen genügten. Carmin und Haematoxylin habe ich vermieden, weil diese zu leicht auch das umgebende Zellplasma tingiren und hielt mich an die specifischen Kernfärbungsmittel allein. Es standen mir übrigens von früher her noch Soltwedel'sche und eigene, zum Theil durch Chromsäure, zum Theil durch Picrinsäure fixirte Präparate zur Verfügung, von welchen einige mit Carmin, andere mit Haematoxylin gefärbt waren, und welche somit zum Vergleich herangezogen werden konnten. Nach neuen Färbungsmitteln unter den gegebenen Umständen zu suchen hielt ich aber für überflüssig. — Einige meiner älteren Präparate, auf deren erneuerte Prüfung es mir besonders ankam, habe ich, so weit möglich, nach der neuen Safranin-Methode umgefärbt und in Damarlösung übertragen.

Die Untersuchung wurde ausgeführt mit Zeiss'schen Objectiven, in schwierigen Fällen mit dem $^1/_{18}$ für homogene Immersion, welches Objectiv wohl kaum durch irgend welches andre in seinen Leistungen übertroffen wird. Vielfach habe ich die Objecte bei einer schwächeren Vergrösserung gezeichnet, dann aber das Bild bei der stärksten controlirt.

1) Vergl. Flemming, Arch. f. mikr. Anat. Bd. XX. p. 8.

Unter Protoplasma verstehe ich den ganzen lebendigen Leib der Zelle. Zu diesem gehören das Zellplasma und der Zellkern, bei Pflanzen ausserdem noch die Chromatophoren (Chlorophyllkörper und verwandten Bildungen [1]), so weit sie lebendig sind, d. h. sich durch Theilung vermehren oder Stärke bilden können. Der Zellkern und die Chlorophyllkörper werden auch allgemein in botanischen Lehrbüchern als differenzirte Theile des Protoplasma angesehen, es muss hinzugefügt werden, dass sie auch lebendige Theile desselben sind. Hiegegen repräsentiren die Proteïnkörner leblose Ruhezustände der das Protoplasma aufbauenden Eiweisskörper und sind in diesem Zustande vom Begriff des Protoplasma zu trennen. Denn das Protoplasma besteht aus activem Eiweiss und hört auf Protoplasma zu sein, sobald das Eiweiss aus dem activen in den unactiven Zustand getreten ist.

Innerhalb des Protoplasma unterscheide ich je nach der Bildung, in welche es eingeht: Zellplasma oder Cytoplasma, Kernplasma oder Nucleoplasma [2]) und Farbstoffträgerplasma oder Plasma der gefärbten oder unter Umständen sich färbenden Körper: Chromatoplasma [3]). In allen diesen Vorkommnissen zeigt das Protoplasma eine Zusammensetzung aus einer hyalinen Grundsubstanz und dieser eingebetteten Körnchen. Die Grundsubstanz ist von Hanstein [4]) als Hyaloplasma, die Körnchen sind als Mikrosomata — in der Verkürzung jetzt als Mikrosomen gebraucht — bezeichnet worden. Wir hätten hiernach das Cyto-, Nucleo-, Chromato-, Hyaloplasma und die Cyto-, Nucleo-, Chromato-, Mikrosomata zu unterscheiden. Der wässerige Saft, der die Maschen des Protoplasmanetzes erfüllt, könnte Cyto-, Nucleo- oder Chromato-Chylema heissen; er ist als solcher nicht scharf zu trennen von dem wäs-

---

1) So auch andre Farbstoffkörper und Stärkebildner auf den Vorschlag von Fr. Schmitz als Chromatophoren zusammengefasst.

2) Richtiger wäre es hier die Bezeichnung Coccoplasma zu wählen, doch klingt diese Wortbildung zu schlecht und ich meine auch komisch, wie denn in Frankreich fast alle Papageien Coco heissen, so dass ich die vox hybrida Nucleoplasma vorziehe.

3) Hierher auch das Protoplasma der Stärkebildner, welches nach Umständen ergrünen kann.

4) Das Protoplasma p. 22 u ff.

serigen Inhalt, der die Vacuolen, das heisst besondere abgegrenzte Hohlräume im Protoplasma, füllt.

Dieses vorauszuschicken war für das Verständniss der im Folgenden zu brauchenden Bezeichnungen nöthig, die Einführung derselben zu motiviren, kann aber erst später versucht werden.

Die Zellkerne der Liliaceen gehören zu den grössten des organischen Reiches. Statt besonderer Messungen diene hier der Hinweis auf meine Figuren und die in der Tafelnerklärung angegebene Stärke der Vergrösserungen. Als erstes, eingehend zu beschreibendes Beispiel wähle ich die Pollenmutterzellen von Fritillaria persica. Zwar werden wir finden, dass die Zellkerne genannter Mutterzellen sich in einem bestimmten Vorgange von den Zellkernen rein vegetativer Zellen unterscheiden, doch brauchen wir nur von diesem Vorgange zu abstrahiren, um allgemein giltige Gesichtspunkte zu gewinnen. Dann ist aber gerade dieses Object recht geeignet, einige meiner älteren Angaben und Anschauungen in das rechte Licht zu stellen.

Schnitte, durch Antherenanlagen geführt, in denen eine Trennung der Mutterzellen sich noch nicht vollzogen hat, zeigen die Zellkerne als vorwiegend ellipsoidische Körper von ziemlich dichter Consistenz (Taf. I, Fig. 1). Zu unterscheiden sind in demselben bei sehr starker Vergrösserung feine Fäden am Hyaloplasma, denen sehr kleine Mikrosomen eingelagert sind. Einzelne dieser Mikrosomen sind grösser, und von diesen bis zu den grössten, welche die Bezeichnung Nucleolen verdienen, sind alle Mittelstufen vorhanden. Das Hyaloplasma bleibt bei richtiger Safranin-Tinction farblos; die Mikrosomen sind scharf gefärbt, sie erscheinen um so dunkler, je grösser sie sind; so in Steigerung bis zu den Nucleolen.

Oft schreitet die Entwicklung im Staubfaden von einem Ende gegen das andere, oder auch von der Mitte gegen die beiden Enden fort und man findet verschiedene Entwicklungszustände. So lässt sich denn als nächster Zustand der Figur 1, die Figur 2 bezeichnen. Der Fadenknäuel ist dichter geworden, die Fäden zeigen stark wellenförmigen Verlauf. Die Kernkörperchen sind verschwunden, während die Mikrosomen eine entsprechende Zunahme er-

führen. Die Fäden erscheinen in Folge dessen dicker. Die Mikrosomen sind fast gleich gross und folgen dicht, in regelmässigen Abständen aufeinander. Sie bilden nur eine einfache Reihe im Faden.

Folgt jetzt eine rasche Grössenzunahme der Pollenmutterzelle und ihres Zellkerns (Fig. 3). Die Fäden des Knäuelwerks rücken auseinander. Alcohol sowohl, als auch 1% Essigsäure und auch andere von mir angewandte Reagentien bewirken jetzt eine Contraktion des Nucleoplasma, so dass es von der Kernwandung zurücktritt. Da kann denn schon festgestellt werden, was uns auch an allen anderen Beispielen entgegentreten wird, dass die Kernwandung nicht dem Nucleoplasma, sondern dem Cytoplasma angehört. Das tingirte Netzwerk des Nucleoplasma zieht sich zusammen, ohne eine besondere Hülle an seiner Oberfläche zu zeigen. Vielmehr ist leicht festzustellen, dass die Fadenwindungen des Knäuels ohne merkliche Aenderung in ihrer Anordnung bis an die Oberfläche reichen. Die Kernwandung verbleibt, ohne sich zu tingiren, an dem umgebenden Cytoplasma, sie ist eine Hautschicht desselben. Diese Hautschicht ist übrigens auf dem vorliegenden Entwicklungszustande noch sehr schwach ausgeprägt; sie nimmt später an Dicke zu und soll dann noch eingehender geschildert werden. — Bei genauer Betrachtung der Fig. 3 wird man noch bemerken, dass eine homogene, stark lichtbrechende Substanz sich an einer, seltener an mehreren Stellen der Kernoberfläche angesammelt hat. Sie geht nicht unmittelbar aus den Kernkörperchen hervor, die ja schon auf vorausgehenden Stadien verschwunden waren, vielmehr repräsentirt sie, allem Anschein nach, ein Secret, das sich mit Safranin zunächst ziemlich intensiv tingiren lässt. Diese ausgesonderte, anfangs linsenförmige Masse, setzt sich immer schärfer gegen das Netzwerk des Nucleoplasma ab und zeigt von Anfang an eine peripherische Lage: sie berührt die Kernwandung. Nicht selten haben Präparate dieser Entwicklungszustände in Alcohol gelitten; das Nucleoplasma hat sich ganz einseitig in der Kernhöhle zusammengezogen und die ausgesonderte Substanz trat in mehreren Tröpfchen in das umgebende Cytoplasma.

Wir stehen in Figur 4 einem Zellkern gegenüber, der durch weiteres Wachsthum noch vergrössert wurde. Der Fadenknäuel aus Nucleoplasma hat sich gelockert, die Windungen der Fäden wieder gestreckt. Die Mikrosomen in den Hyaloplasma-

fäden sind leicht zu sehen und unschwer jetzt deren fast gleiche Grösse und regelmässige Vertheilung festzustellen. Sie bilden einfache Reihen und sind durch ungefärbt gebliebenes Hyaloplasma verbunden. Besonders deutlich war dieser Bau und der ganze Verlauf des Fadens in einem sehr grossen Zellkerne, den ich in in Fig. 5 dargestellt habe. Die Kernhöhle mag bei der Fixirung des Objekts sich vergrössert haben, wodurch die Windungen des Fadenknäuels starke Streckung erfuhren. Kurzum, die Verhältnisse des Kerninneren lagen hier besonders klar zu Tage und ich konnte mich bereits des Eindrucks nicht erwehren, dass nur ein einziger ohne Ende in sich zurücklaufender Faden, mit zahlreichen in einander greifenden Windungen, die Kernhöhle erfülle. — Auf den Zustand der Fig. 4 war eine Contraction des Kernleibes nicht mehr erfolgt. Der ausgesonderte Stoff hatte sich kugelig abgerundet, einige kleine Vacuolen traten in demselben auf. Wäre die Entwicklungsgeschichte dieses Körperchens nicht bekannt, es müsste als Kernkörperchen angesprochen werden. So geschah es denn auch von Tangl, der dieses Körperchen in den Pollenmutterzellen von Hemerocallis gesehen hat[1]). Wir wollen dasselbe fortan als Secretkörperchen bezeichnen.

Der nächstfolgende Zustand (Fig. 6) zeigt uns eine beginnende Aenderung in der Anordnung des Inhalts. Der Faden im Knäuel wird kürzer und dicker; dies geschieht oft deutlich, indem er sich drahtfederartig in enge Windungen legt. Grössere Mengen von Mikrosomen werden so aneinander gebracht. Auf diesem Zustand zerfällt der Fadenknäuel bereits in eine bestimmte Anzahl von Stücken.

Die schraubenförmige Einrollung dauert noch auf dem nächsten Entwicklungszustande fort, wie Fig. 7 zeigt. Die einzelnen Fäden sind dicker und kürzer geworden, deutlich von einander getrennt; ihre Substanz erscheint feinkörnig.

Doch schon die folgenden Bilder verrathen eine Verschmelzung der Mikrosomen innerhalb der Fäden, welche letzteren dementsprechend ihr feinkörniges Aussehen einzubüssen beginnen (Fig. 8). Es tritt schon deutlicher eine Differenzirung der Fäden in abwechselnd dunkle und helle Scheiben hervor. Diese Struktur

1) Die Kern- und Zelltheilung bei der Bildung des Pollens von Hemerocallis fulva L. Denkschr. d. math.-naturw. Cl. d. K. A. d. W. zu Wien. Sep.-Abdr. p. 2, 1882.

war Baranetzky[1]) in den Pollenmutterzellen von Tradescantien aufgefallen, sie ist von Pfitzner[2]) und Balbiani[3]) an thierischen Objekten geschildet worden. Wir kommen auf dieselbe später zurück.

Folgt nunmehr ein sehr eigenthümliches Verhalten. Die einzelnen Fäden aus Kernplasma klappen der Länge nach zusammen (Fig. 9). Die beiden sich aneinander legenden Hälften kommen alsbald in so vollständigen Contakt, dass eine Grenze zwischen ihnen nicht mehr zu sehen ist. Es scheinen einfache Fäden von doppelter Dicke zu sein (Fig. 10, 11). Die doppelte Zusammensetzung verräth sich aber meist noch an dem einen Ende des Fadens, welches den freien Enden der zusammengelegten Hälften entspricht, indem hier nämlich diese beiden Enden auseinanderspreizen. Dadurch bekommt ein jeder solcher Faden die Gestalt eines Y (Vergl. 10 u. 11). Nach erfolgtem Zusammenlegen dürfte auch eine Trennung der beiden Hälften an der Umbiegungsstelle sich vollziehen, denn hin und wieder sieht man auch an diesem Ende die beiden Hälften auseinanderspreizen, wodurch die Figur die Gestalt eines $x$ erhält. Diese kurzen, dicken, zusammengeklappten Fäden sind ohne gegenseitigen Contakt mehr oder weniger regelmässig in der Peripherie der Kernhöhlung vertheilt. Es fällt auf, dass sie alle, entweder ihrer ganzen Länge nach oder doch wenigstens mit irgend einem Punkte ihrer Oberfläche der Kernwandung anliegen. Solche Stadien wie diejenigen der Fig. 9 sind nun auch besonders geeignet, um uns mit der Natur dieser Kernwandung vertraut zu machen. Es kann auch nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass sie dem umgebenden Zellplasma zugehört; sie ist, wie schon hervorgehoben wurde, eine Hautschicht desselben. Von der Hautschicht an der Oberfläche des Zellplasma unterscheidet sie sich nur durch geringere Dicke. Sie erscheint wie aus einer einfachen Schicht gleich grosser Körnchen aufgebaut; ein Aussehen, das wohl auf einen eng-netzmaschigen Bau derselben hinweist. Die Körnchen wären kleine Knoten, entsprechend den Ansatzstellen des Cytoplasmanetzes, das von dieser Hautschicht abgeschlossen wird. Nichts ist leichter als gleich-

1) Bot. Zeitung 1880. p. 283.

2) Morph. Jahrb. 1881. Bd. VII. p. 289.

3) Zool. Anz. 1881. Nr. 99 und 100; früher schon Comptes rendus Bd. 83, 1876, p. 831.

zeitig zu constatiren, dass keiner dieser Cytoplasmafäden in die Kernhöhle eindringt. Ebenso leicht ist festzustellen, dass die Kernhöhle ausser den schon besprochenen Fäden und den kugeligen Secretkörperchen keinerlei geformten Inhalt erhält; wenigstens keinen solchen, der durch die bekannten Mittel zu fixiren wäre. Die ganze Kernsubstanz ist eben in den Fäden und, in diesem speciellen Falle, auch in einem Secretkügelchen vertreten, ausser diesen führt die Kernhöhle nur Kernsaft. Daher die Kernfäden auch nicht irgendwie frei in der Kernhöhle suspendirt sein können, vielmehr sämmtlich der Kernwandung anhängen. Das Secretkügelchen liegt auch der Kernwandung oder irgend einem der Kernfäden an. Auf diesem Entwicklungszustande hat das Secretkügelchen bereits seine Tinctionsfähigkeit mit Safranin die seit längerem schon im Sinken war, fast vollständig eingebüsst. Es entspricht dies der Angabe von Tangl[1]): der Nucleolus werde alsbald durch Methylgrün nicht mehr gefärbt.

Auf den Stadien der Figuren 9, 10 oder 11 lässt sich auch wohl ohne grosse Mühe die Zahl der in der Kernhöhle vorhandenen Fäden feststellen. Diese Zahl ist fast immer 12, doch können auch wohl ein oder zwei Elemente mehr oder weniger gegeben sein. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass der Fadenknäuel der früheren Zustände mit einem Mal in die definitive Anzahl von Stücken zerfällt. Diesem Ergebniss entspricht auch die Anzahl der gefundenen Stücke, die ja nicht etwa auf succedane Zweitheilung sich zurückführen lässt.

Während in dem Stadium der Figur 9 die Kernwandung noch in aller Schärfe vorhanden war, sieht man dieselbe auf dem Stadium der Figuren 10 u. 11 schwinden. An diesen schönen, grossen Kernen, bei so vollkommener Tinction, lässt sich ohne weiteres feststellen, dass das umgebende Zellplasma jetzt zwischen die Elemente der Kernsubstanz eindringt. Als augenscheinliche Wirkung dieses Eindringens tritt uns gleichzeitig ein Zusammenrücken der Kernelemente nach der Mitte der Zelle entgegen (Fig. 12). Tangl[2]) beschreibt für Hemerocallis auf diesem Stadium eine Resorption der Kernmembran und die Bildung eines kleinen hülleulosen, nur aus tingirbarer Substanz bestehenden Kernes, den er

1) l. c. p. 3.
2) l. c. p. 4.

sich aus der Verschmelzung der früheren tingirbaren Körner des Kerns mit dem Nucleolus entstanden denkt. In Wirklichkeit sind bei Hemerocallis die Vorgänge nicht anders als hier, wie später noch näher berührt werden soll. — Wie Fig. 12 zeigt, ist bei günstiger Lage der Zelle, einer Lage, die durch Rollen derselben gewonnen werden kann, das farblose Secretionskügelchen auch auf diesem Zustande noch ausfindig zu machen. Es liegt in der Peripherie des Knäuels und beginnt augenscheinlich an Grösse abzunehmen.

Sobald sich die ganze ursprüngliche, den Kernsaft führende Kernhöhle mit Cytoplasma angefüllt hat, beginnen die Kernfäden, an diesem ihren Halt findend, wieder auseinanderzuweichen (Fig. 13, 14). Sie werden allseitig von Cytoplasma umgeben, das, wie bei hinreichend starker Vergrösserung zu constatiren ist, mit zarter Hautschicht sich gegen einen jeden dieser Kernfäden abgegrenzt zeigt. Das Secretkügelchen verlässt die Kernfäden, um gegen die Peripherie zu rücken (Fig. 14). Es nimmt an Grösse immer mehr ab. — Eine bestimmte Anordnung der auseinander weichenden Kernfäden ist zunächst nicht zu constatiren, wohl aber tritt sie alsbald ein. Bevor dies geschieht sieht man die inneren Theile des Cytoplasmas streifig werden. — Wer die Entwicklungsgeschichte hier kennt, constatirt hat, dass die gesammte Kernsubstanz in die Bildung der Kernfäden einging, dass das umgebende Protoplasma in die Kernhöhlung vordrang, die Kernfäden in einen Knäuel von relativ geringem Durchmesser im Innern der Zelle zusammenrückten, kann schlechterdings nicht daran zweifeln, dass die sich jetzt bildende relativ grosse Spindel aus Spindelfasern dem Cytoplasma angehört. Dass aber die Entwicklungszustände hier wirklich so aufeinanderfolgen, wie ich es darstelle, das zeigen in überzeugendster Weise solche Präparate, die in einer bestimmten Richtung fortschreitend, alle auf einander folgenden Entwicklungszustände bieten. Der von den Spindelfasern eingenommene Raum erscheint heller als das umgebende Cytoplasma, was damit zusammenhängen mag, dass das vordringende Cytoplasma den Kernsaft in sich aufnimmt, somit besonders saftreich wird. Auch sind grössere körnige Bildungen aus diesem Raume ausgeschlossen und die Spindelfasern werden gebildet von dünnen Strängen des Cytohyaloplasma mit in diese eingereihten Cytomikrosomen. Diese Spindelfasern stossen an den beiden Polen mehr oder weniger vollständig zusammen,

doch ohne dass es gelänge ein Polarkörperchen an dem Vereinigungspunkte nachzuweisen. Ein solches erscheint bei Pflanzen nur bei sehr scharfem Aufeinanderstossen der Spindelfasern und ist der Ausdruck deren verschmolzener Enden.

Sobald die Spindelfasern aufgetreten sind, beginnt das Einordnen der Kernfäden in die Aequatorialebene der Spindel, zur Bildung der Kernplatte (Fig. 15—19). Augenscheinlich üben die Spindelfasern hierbei einen wichtigen Einfluss. Denselben entlang bewegen sich die Kernsubstanzelemente, um in ihre definitive Lage zu gelangen. Die beigefügten Figuren führen die verschiedenen Stadien dieser Wanderung vor. Einzelne Elemente können hinter den andern zurückbleiben, und gelangen oft erst spät (wie z. B. das eine Element der Figur 18) in ihre definitive Lage. Dabei lässt sich feststellen, dass die Stellung, welche die Elemente im Aequator der Spindel erhalten, auch insofern noch eine ganz bestimmte ist, als sie, Y-förmig gedacht, ihren Fuss annähernd äquatorial, ihre Schenkel polar stellen. Der eine Schenkel liegt somit auf der einen, der andere auf der andern Seite der Aequatorialebene; beide folgen je einer Spindelfaser. Diejenigen Elemente, welche in der Peripherie der Spindel liegen, richten ihren Fuss nach aussen. Auch diejenigen Elemente, deren beide sie bildenden Fäden der ganzen Länge nach aneinander lagen, weichen jetzt an ihren vorderen (den ursprünglich freien Schenkelenden entsprechenden) Enden auseinander, um die beiden Schenkelenden auf die beiden Hälften der Spindel zu vertheilen und nach deren beiden Polen richten zu können. Das Secretkügelchen ist während dieser Vorgänge verschwunden, es hat sich, fort und fort an Grösse abnehmend, noch auf dem Stadium der Figur 17 in peripherischer Lage innerhalb des Cytoplasma nachweisen lassen. Diese Thatsache hat den Ausspruch von Tangl[1]) für Hemerocallis veranlasst: „bei der Umgestaltung der Mutterkerne werden in manchen Fällen aus denselben kleine Nucleolen in das Protoplasma ausgestossen und dort resorbirt.“ — Wir sahen, dass es sich hierbei nicht um Nucleolen handelt und dass der Vorgang nicht manchmal, sondern stets sich abspielt. Wie weit dieser Vorgang überhaupt verbreitet ist, wollen wir später erfahren.

Die fertige Kernspindel (Fig. 20, 21) besitzt somit eine, aus

1) l. c. p. 20.

scheinbar einfachen Körnern gebildete Kernplatte. Jedes dieser Körner sendet den Spindelfasern entlang je einen schmalen polaren Fortsatz aus. Die beiden Schenkel des Y sind nämlich sehr schmächtig geworden, sie haben an Volumen zu Gunsten des Fusses verloren; dieser selbst hat sich zusammengezogen und abgerundet. An einzelnen der genannten Kernplattenelemente können die polaren Fortsätze auch so kurz werden, dass man nur den Eindruck eines einfachen Kornes erhält. Alle die fixirten und tingirten Präparate, wie vollkommen die Methode auch sei, zeigen mir in den meisten Fällen nicht mehr als das Gesagte und nur nach langem Suchen gelingt es wohl, eine Kernspindel zu finden, mit einzelnen deutlich doppelt zusammengesetzten Elementen, die das in Fig. 22 reproducirte Bild gewähren. So mag es denn wohl entschuldigt sein, wenn ich, vom Studium pflanzlicher, meist noch kleinerer Kernspindeln ausgehend, zu der Ansicht gelangte, dass solche Kernplattenelemente einfach seien und sich erst bei der Theilung der Kernplatte verdoppeln. Erst die Entwicklungsgeschichte dieser Gebilde, die ich hier zum ersten Mal gewann, klärte mich über deren wahre Natur auf. Nunmehr ist es mir sicher, dass auch solche, scheinbar einfache Kernplatten aus doppelt zusammengesetzten Elementen bestehen. — Der früheren Zählung gemäss finden wir meist 12 solcher doppeltzusammengesetzter Kernplattenelemente in der Kernspindel. Die Lage derselben ist schon aus der Figur 23 zu ersehen, welche uns die Kernplatte in geneigter Lage vorführt, viel besser noch aus den polaren Ansichten Fig. 24 und 25. In Fig. 25 waren nur 11 Elemente in der Kernplatte vertreten. So gut wie ausnahmslos liegen zwei Elemente im Innern der Kernplatte, von den übrigen wie von einem Kranze umgeben. Wie schon gesagt, kehren diese Elemente ihre Schenkel nach innen, ihren Fuss nach aussen; so auch fast immer die im Innern der Kernplatte gelegenen. In Fig. 24 sind die Ursprungstellen des dem Beobachter zugekehrten Schenkels dunkler schattirt. Wie die Figuren 21 und 22 deutlich zeigen, treffen bestimmte Spindelfasern auf die Schenkel der Kernplattenelemente. Diese Spindelfasern sind kräftig entwickelt und scharf gezeichnet und daher auch wohl schon öfters als allein vorhanden angesprochen worden. Zwischen denselben liegen aber zartere andere, die sich hier oft leicht aus der einen Hälfte der Spindel in die andre verfolgen lassen.

Die allergrösste Aufmerksamkeit wandte ich dem nun fol-

genden Entwicklungszustande zu, der das beginnende Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften zeigt. Es gelang mir, diesen Vorgang schliesslich völlig klar zu legen. Wie Fig. 26 zeigt, spaltet sich, seiner doppelten Zusammensetzung gemäss, jedes Kernplattenelement in zwei Hälften. Der aequatorial gerichtete Fuss des Y wird von der Schenkelseite her geöffnet und seine Hälften suchen sich polar zu stellen. Sie bleiben am längsten mit ihrem basalen Ende verbunden, demjenigen Ende, welches der früheren Umbiegungsstelle entspricht. Bilder wie die Fig. 22, sowie die auf früheren Zuständen beobachteten und dort erwähnten $x$-förmigen Figuren mancher zusammengelegten Fäden lassen die Annahme gerechtfertigt erscheinen, dass an dieser Umbiegungsstelle früher schon die Trennung der beiden Fadenhälften erfolgt ist. Zu unterscheiden wäre dies auf den Stadien beginnenden Auseinanderweichens der beiden Kernplattenhälften nicht wohl möglich. Während der Fuss des Y sich in dieser Weise öffnet, beginnt jede der beiden Hälften der Figur wieder gleichmässigere Dicke in ihrer ganzen Ausdehnung zu erlangen und ausserdem sich an ihrem polaren Ende hakenförmig zu krümmen (Fig. 26, 27). Dass diese hakenförmige Krümmung nicht etwa der Ausdruck allein ist für die zuvor polwärts gerichteten Schenkeln des Y, zeigt der Vergleich der Figuren 26 mit 27—29. Es liegt eine active Krümmung dieses Endes vor, welche im Resultate zur Bildung eines ∩ führt mit polwärts gerichteter Basis. Wie dieser Vorgang sich abspielt, wie die Umbiegung zunächst fast an Ort und Stelle vor sich geht, und hierauf erst das weitere Auseinanderweichen beginnt, das zeigen besser als die Beschreibung die schon angeführten Figuren. — Einige Elemente bleiben hinter den andern in Trennung und Auseinanderweichen zurück (Fig. 30) und das veranlasste meine früheren Angaben über einzelne Elemente, die fadenförmig ausgezogen werden. Bei diesen relativ grossen Objecten wird, bei guter Tinction, eine solche Auffassung und Deutung unmöglich. — Jederseits des Aequators findet man jetzt dieselbe Anzahl U-förmiger Elemente, als zuvor Kernplattenelemente gegeben waren (Fig. 31, 33). Zwischen den auseinanderweichenden Kernplattenhälften sind deutlich die zurückbleibenden Spindelfasern zu sehen. Auch polwärts sind dieselben, wenn auch an den Safranin-Nelkenöl-Präparaten oft nur schwach, zu verfolgen. (Nur in Fig 32 dargestellt.) Während die Anordnung der Kernplattenelemente zur Kern-

platte erfolgte, konnte man sich des Eindruckes nicht erwehren, als würden die Kernplattenelemente durch die Spindelfasern geführt. Dieser Eindruck tritt noch bestimmter während des Auseinanderrückens der beiden Kernplattenhälften dem Beobachter entgegen. Die U-förmigen Elemente gleiten an den Spindelfasern entlang, ähnlich wie sonst Mikrosomen, in Hyaloplasmafäden. Die stärkern Spindelfasern führen das ihnen zufallende Element, die schwächeren Spindelfasern dienen dazu es von den Seiten her in einer richtigen Lage zu erhalten. Vor Anlage der Spindelfasern sahen wir, dass die Kernfadenstücke in dem nicht in bestimmten Richtungen differenzirten Cytoplasma zerstreut lagen, erst mit der streifigen Differenzirung des Cytoplasma trat der ordnende Vorgang ein. Die Spindelfasern aber als Kanäle aufzufassen, innerhalb welcher sich die Kernelemente bewegen sollten, so wie es neuerdings von Zalewski [1]) und Soltwedel [2]) geschah, liegt kein Grund vor; ja diese Möglichkeit wird durch die richtige Erkenntniss der Form der Kernelemente und der Krümmungen, die sie selbständig ausführen, für das uns vorliegende Object ausgeschlossen.

In dem Maasse als die U-förmigen Elemente aneinanderrücken, werden deren beide oft ungleich langen Schenkel, einander genähert (Fig. 32); weiterhin sieht man dieselben etwas kürzer und dicker werden (Fig. 34). In der letzt angeführten Figur haben die Tochterkernelemente bereits die früheren Spindelpole erreicht. Hier nähern sie sich zunächst an der Polseite, bis zur seitlichen Berührung, was bei weniger vollkommener Tinction durchaus den Eindruck gegenseitiger Verschmelzung macht (Fig. 35). Die einzelnen Elemente haben noch glatten Umriss, doch schon auf nächstfolgendem Stadium zeigen sie sich wiederholt eingeschnürt, so dass sie perlschnurförmig erscheinen (Fig. 36). Dabei lässt sich wohl noch bei polarer Ansicht die Zahl der ursprünglich vorhandenen Elemente bestimmen (Fig. 37). Die bisher glatte, homogene Substanz der einzelnen Elemente beginnt feinkörnig zu werden (Fig. 38). Jedes Element krümmt sich hierauf einwärts an seinem äquatorialen Ende, wodurch die Tochterkernanlagen auch diesseits abgerundet erscheinen (Fig. 39). Gleichzeitig verschmelzen hier die aufeinandertreffenden Enden der benachbarten Elemente, so

1) O dzieleniu się jąder etc. Kosmos VI. Lemberg 1881. Sep.-Abdr. p. 7 ff.

2) Jen. Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. XV. 1881. p. 372.

dass wieder ein einziger fortlaufender Faden in der Kernanlage gegeben ist (Fig. 39). Auf diesem Zustand wird auch vom umgebenden Cytoplasma die Kernwandung gebildet. Die einzelnen Windungen des Fadenknäuels strecken sich hierauf, sich gleichsam wieder so ausspinnend, wie sie im Mutterkern sich zusammengezogen hatten. Die Windungen treten gleichzeitig aus einander, eine Kernhöhle wird ausgebildet, der Kern vergrössert sich. So wird der Zustand der Figur 40 erreicht. Der Faden zeigt einen zickzackförmigen Verlauf, er hat immer noch ziemliche Dicke und erscheint in Folge dieser und der vielen Krümmungen, wie grobkörnig. Eine Ernährung der Zellkerne vom umgebenden Cytoplasma aus erfolgt wohl kaum, dieselben bleiben an Gehalt weit hinter dem Mutterkern zurück.

Von dem Stadium der Figur 35 an nahm die Zahl der Verbindungsfäden zwischen den Tochterkernanlagen zu. Ich kann nur wiederholen, was ich schon angegeben, dass nämlich die neu hinzukommenden Verbindungsfäden sich in keiner Weise von den auf die Spindelfasern zurückzuführenden unterscheiden. Die einen wie die andern sind Stränge von Zell-Hyaloplasma mit sehr kleinen Zell-Mikrosomen im Innern. Der tonnenförmige, von den Verbindungsfäden gebildete Körper nimmt an Umfang zu und wenn der Zustand der Figur 36 erreicht ist, beginnt sich die erste Andeutung der Zellplatte zu zeigen. Ich habe den Vorgang erst neuerdings wieder geschildert[1]) und zu zeigen gesucht, dass die Zellplatte aus Zell-Mikrosomen entsteht, welche, innerhalb der Verbindungsfäden fortschreitend, sich im Aequator der letzteren ansammeln. Einen vorgeschritteneren Zustand zeigt Fig. 38, worauf alsbald die Bildung der Cellulosescheidewand aus der Zellplatte folgt.

Die Tochterkerne beginnen, ohne längere Ruhezeit, sich zu einem neuen Theilungsschritt vorzubereiten. Da zeigt sich denn zunächst dieselbe schraubenförmige Contraction des Fadens, wie wir sie im Mutterkern geschildert. Die sich verkürzenden Windungen nehmen eine bestimmte Stellung innerhalb der Kernhöhle ein, derjenigen noch immer annähernd parallel, welche zuvor die U-förmigen Tochterkernelemente zeigten. So präsentiren sich die Windungen ihrer ganzen Länge nach, wenn man die Tochterkerne von der Kante sieht (Fig. 41), sie zeigen nur ihre Umbie-

1) Zellhäute p. 172, 1882.

gungsstellen, wenn man die Tochterkerne von der Fläche betrachtet (Fig. 42). Die aufeinanderfolgenden Zustände, welche von dem schraubenförmigen und feinkörnigen zu dem homogenen Aussehen des Fadens führen, werden uns durch die Figuren 43—46 vergegenwärtigt. Dabei findet, wie dieselben Figuren zeigen, eine entsprechende Umlagerung im Fadenknäuel statt. Die Fäden bilden eine Schleifenfigur, deren Aussehen sich wohl am besten den Bildern selbst entnehmen lässt.

In der Figur 44 schliesst der rechts gelegene Knäuel, in der Anordnung seiner Windungen, wohl noch unmittelbar an die Anordnungen der Fig. 43 an. Die Windungen des Knäuels links in Fig. 44 beginnen sich bereits in der Richtung der zukünftigen Kernspindelaxe zu strecken. Eine Einfaltung dieser Elemente im Aequator macht sich gleichzeitig bemerkbar. So wird der Zustand erreicht, den die beiden Kernbilder in Fig. 45 zeigen. Die Streckung polwärts, die Einfaltungen im Aequator haben sich noch mehr ausgeprägt. In dem Kernbilde links der Fig. 45 öffnen sich die polwärts gerichteten Schleifen und bald darauf folgt auch eine Continuitätsunterbrechung der Einfaltungsstelle im Aequator. So kommt die Kernplatte zu Stande, wie sie sich rechts in Fig. 46 und 47, links in Fig. 48, präsentirt. Sie hat, wie im Mutterkern, eine doppelte Zusammensetzung. Doch sind die polwärts gerichteten Schenkel der Kernplattenelemente viel länger, die äquatorial gerichteten relativ kürzer und berühren sich nur unvollkommen. Auch die Regelmässigkeit der Bilder ist eine viel geringere und die polwärts laufenden Schenkel halten durchaus nicht streng die Richtung nach den Polen ein. Die seitlichen Krümmungen der äquatorial gerichteten Schenkel und der wellenförmige Verlauf bestimmt die polare Ansicht der Kernplatte, die sich kranzförmig zeigt (Fig. 46 links und 47 links). Die Bilder, wie ich sie entworfen, lassen sich freilich nur bei fortgesetzter Aenderung der Einstellung gewinnen. In Fig. 47 habe ich das polwärts gerichtete Ende der Fäden dunkler bezeichnet. Das Abzählen der Elemente ergab auch hier meist die Zahl 12.

Auf den zwischen Fig. 43 und 44 liegenden Entwicklungsstadien wird die Kernwandung aufgegeben und das Cytoplasma dringt in die Kernhöhle ein. Da aber die Windungen des Kernknäuels in gegenseitiger Verbindung sind, sich somit gegenseitig stützen, auch hinreichende Dicke und Festigkeit besitzen, so unter-

bleibt während der Plasmaeinwanderung eine Contraktion der Kernfigur, wie wir eine solche im Mutterkern gesehen. Der Zusammenhang der Fadenwindungen macht auch die frühzeitige Ausbildung der Spindelfasern überflüssig, indem die Windungen an einander sich ohne Hilfe der Spindelfasern richten können. Erst nach Oeffnung der polaren Schleifen stellen sich die, hier sehr zarten, Spindelfasern ein. Ihre schwache Entwicklung mag bedingen, dass auch jetzt noch die polwärts gerichteten Schenkel der Kernplattenelemente starke seitliche Krümmungen zeigen.

Die beiden rechts in der Kernspindel der Fig. 47 gelegenen Kernplattenelemente können ohne weiteres vergegenwärtigen, wie hier das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften vor sich gehen wird. Der untere aequatoriale Schenkel der Kernplattenelemente wird nämlich, während sich die polaren Schenkel polwärts zu bewegen beginnen, mehr oder weniger vollständig gerade gestreckt (Fig. 48 rechts). Die auseinanderweichenden Enkelkernelemente haben hier somit die Gestalt entweder einfacher, gerader, oder nur schwach hakenförmig eingekrümmter Stäbe. Der Haken kann sich an dem polaren oder dem aequatorialen Ende, oder auch an beiden Enden befinden. In letzterem Falle bekommen die Elemente die Gestalt sehr lang gezogener S oder C (vergl. Fig. 48). Die gegenseitige Anordnung der Elemente ergibt sich am besten aus der etwas schräg polaren Ansicht der Enkelkernanlage in Fig. 49.

Die weitere Ausbildung der Enkelkerne hier im Einzelnen zu schildern, wäre überflüssig; sie wiederholen die an den Tochterkernen beobachteten Erscheinungen. Nur auf einige Punkte sei nochmals hingewiesen. Die bis zur Berührung polwärts genäherten, hier sich einkrümmenden Elemente werden kürzer und dicker, dann perlschnurförmig, erscheinen hierauf feinkörnig, krümmen sich auch an der aequatorialen Seite und verschmelzen mit ihren Enden (Fig. 50). Die Windungen des Fadenknäuels beginnen hierauf wieder auseinander zu weichen (Fig. 51), der Faden sich auszuspinnen, bis dass der Ruhezustand erreicht ist. Die Vermehrung der Verbindungsfäden, Anlage der Zellplatte, Ausbildung der Cellulose-Scheidewand erfolgen während dem in gewohnter Weise.

Durch die im Einzelnen abweichenden, im Wesentlichen übereinstimmenden Differenzirungsvorgänge, die sich an dem Mutterkern und den Tochterkernen bei der Theilung abspielen, gewinnt das hier

behandelte Object ein bedeutendes Interesse. Denn wir lernen an demselben gleich das Wesentliche des Vorgangs vom Unwesentlichen zu scheiden, sehen auch sofort, dass ein einziges, auf Anordnung der Kernelemente begründetes Theilungsschema sich nicht durchführen lässt. Findet es doch in diesem Falle nicht einmal Anwendung auf die sich folgenden Theilungsschritte derselben Mutterzelle.

Die Untersuchung der Pollenmutterzellen bei Lilium candidum und croceum ergab gegen Fritillaria nicht wesentlich neue Gesichtspunkte. Die Uebereinstimmung ist fast vollständig. Lilium candidum habe ich an Essigsäure-Methylgrün-Präparaten, Lilium croceum an Alkohol-Safranin-Präparaten studirt.

Die noch im Gewebeverbande befindlichen Mutterzellen von Lilium candidum, aus etwa 10 mm hohen Knospen, haben mehrere Kernkörperchen aufzuweisen, welche mit eintretender Verkürzung und Verstärkung der Windungen des Fadenknäuels als solche schwinden. Dahingegen werden ein, selten mehr, Secretkörperchen ausgesondert und die Bilder präsentiren sich alsbald in jener, durch die Fig. 52 Taf. I vergegenwärtigten, charakteristischen Form. Der Fadenknäuel aus Nucleoplasma zeigt sich hierbei stark contrahirt, von der Kernwandung zurückgezogen und man hat es leicht, sich über die wahre Natur und den Bau dieser Kernwandung zu orientiren. Dass sie als Hautschicht das angrenzende Cytoplasma abschliesst und diesem zugehört, kann einem Zweifel nicht unterliegen. — Das Secretkörperchen liegt der Kernwandung dicht an; es wird bei seinem Auftreten durch Methylgrün zunächst gefärbt, büsst diese Tinctionsfähigkeit aber alsbald ein. Mit Carmin ist es hingegen, wie schon Tangl[1]) bei Hemerocallis bemerkte, bis zuletzt zu färben. Der Umstand, dass die Tinctionsfähigkeit des Secretkörperchens in Methylgrün abnimmt, weist jedenfalls auf Veränderungen hin, die seine Substanz allmählich durchnacht. Dass auf diese Veränderung nicht ein allzugrosses Gewicht zu legen ist, werden uns aber andere Objecte zeigen, bei welchen die Tinctionsfähigkeit des Sekretkörperchens in Methylgrün bis zuletzt erhalten bleibt. — Die Trennung des Knäuels in die Fadenstücke, das Zusammenklappen der letzteren und die Ausbildung der Kernspindel erfolgen in der für

1) l. c. Sep.-Abdr. p. 3.

Fritillaria beschriebenen Weise. Eine kleine Abweichung im Aussehen bieten hingegen die fertigen Tochterkernspindeln insofern dar, als die polsichtigen Schenkel der Kernplattenelemente sich ziemlich stark nach aussen gebogen zeigen (Fig. 53). Dadurch erscheint die Kernplatte flacher ausgebreitet und bekommt auffallende Aehnlichkeit mit den Kernplatten von Salamandra. Die zarten Spindelfasern der Tochterkernspindel treten an diesen Essigsäure-Präparaten schärfer als an den Nelkenöl-Präparaten hervor (Fig. 53). In Figur 54 habe ich die Kernplatte in der Polansicht dargestellt. Ich fand bei Lilium-Arten wie bei Fritillaria die Zahl der Kernplattenelement-Paare in den primären wie in den secundären Spindeln meist 12 betragend, oder doch nur um Weniges von dieser Zahl abweichend. Zalewski[1]) ist nun auf Grund seiner Untersuchungen, vornehmlich an Lilium candidum, der Meinung, dass die Spindelfasern die Kernsubstanz umhüllende Röhren sind, aus denen sich letztere äquatorialwärts zurückzieht, um die Kernplatte zu bilden. Die Elemente der Kernplatte würden somit in Taschen stecken, die sich polwärts in die feinen Röhrchen, die Spindelfasern, fortsetzen. Innerhalb dieser Röhren hätte dann auch das Auseinanderweichen der Schwesterelemente vor sich zu gehen. Dass diese Vorstellung mit den für Fritillaria geschilderten Thatsachen nicht in Einklang zu bringen ist, brauche ich wohl nicht erst zu betonen; dass sich aber Lilium candidum nicht anders als Fritillaria verhält, habe ich bereits hervorgehoben.

Lilium croceum schliesst noch unmittelbarer als candidum an Fritillaria persica an.

Die meisten Liliaceen zeigten mir annähernd dieselbe Anzahl von Elementen in der Kernplatte, die Zahl 12 wog nämlich vor. Doch fand ich einen Fall, und viele andere dürften bei fortgesetztem Suchen hinzukommen, wo dieses Zahlenverhältniss sich anders gestaltete. In dem gedachten Falle, es handelt sich um die primäre Kernspindel der Pollenmutterzellen von Funkia Sieboldiana, war die Zahl der Elemente viel bedeutender, meist etwas grösser als 24. Die Elemente selbst waren entsprechend kleiner. Dabei pflegten sich einige randständige durch etwas bedeutendere Grösse und abweichende Gestalt auszuzeichnen. Die Figuren 55

1) l. c. Sep.-Abdr. p. 6 u. ff.

und 56 geben zwei Polansichten dieser Kernplatten und erfordern keine weitere Erklärung. In den Tochterkernspindeln war die Zahl der Elementpaare in der Kernplatte auf die Hälfte reducirt.

In den Pollenmutterzellen von Alstroemeria chilensis, einer Amaryllidee, gelang es mir hierauf, eine Kernplatte zu finden, die nur, und zwar ziemlich constant, 8 Elemente führte (Taf. I, Fig. 57 u. 58). Von der doppelten Zusammensetzung dieser Elemente hält es hier noch schwerer als bei Fritillaria sich zu überzeugen. Sie scheinen durchaus einfache Körner zu sein. Die Entwicklungsgeschichte ist aber dieselbe wie bei Fritillaria und entscheidet über deren Bau. Während bei Funkia zahlreiche der kleinen Elemente im Innern der Kernplatte zu liegen kommen, pflegt hier meist nur ein centrales Element von 7 peripherischen umgeben zu sein. — Wegen der Grösse der Kernplattenelemente dürften die Pollenmutterzellen von Alstroemeria sich zu Demonstrationen eignen. Es genügt eine entsprechend alte Blüthenknospe quer zu durchschneiden und den Inhalt der Antheren in einen Tropfen von Essigsäure-Methylgrün auszudrücken, um schön tingirte, deutliche Theilungsbilder zu erhalten.

Doch ich kehre nochmals zu den Pollenmutterzellen der Liliaceen zurück, um eine Pflanze zu schildern, die vor Kurzem den Vorwurf zu einer ausführlichen Abhandlung von Tangl abgab. Diese Pflanze ist Hemerocallis fulva. Ihre Pollenmutterzellen sind wenig für das Studium der Kerntheilung geeignet, da die Kerne derselben relativ kleine Theilungsfiguren bilden. Immerhin war es, nach vorausgegangener Orientirung an den grossen Objecten, möglich, auch hier den Zusammenhang im Einzelnen zu gewinnen. Ich studirte die Pollenmutterzellen zuerst an Essigsäure-Methylgrün- und Alcohol-Methylgrün , dann auch an Safranin-Präparaten. Noch im Gewebeverbande befindliche, jüngste Pollenmutterzellen (Taf. I, Fig. 59) besitzen, wie Tangl bereits angibt[1]), mehrere, sich mit Methylgrün tingirende Kernkörperchen. Später findet man, fast ausnahmslos, nur das einzige, alsbald sich mit Methylgrün nicht mehr tingirende Kügelchen[2]), das aber auch hier nicht ein Kernkörperchen, vielmehr ein Secretkörperchen ist (Fig. 60). In diesem sind stets kleine Vacuolen sichtbar[3]). Der

1) l. c. Sep.-Abdr. p. 1.

2) Tangl l. c. p. 3.

3) Die Vacuolen auch von Tangl angegeben l. p. p. 3,

Kernfadenknäuel zieht sich stark zusammen und zerfällt in relativ sehr kurze Stücke, welche zusammenklappen und der Kernwandung anliegen, oft nicht anders als wie einfache Körner aussehend (Fig. 61)[1]). Dann folgt das auch von Tangl beschriebene Schwinden der Kernwandung[2]) und Zusammenrücken der Kernelemente; nur dass sie weder miteinander, noch mit dem Secretkörperchen verschmelzen, wie es Tangl[3]) will, letzteres vielmehr in allen Fällen alsbald beseitigt wird[4]). Die Kernspindel hat das Aussehen der Fig. 62, Taf. I. Die doppelte Zusammensetzung der Kernplattenelemente ist trotz deren geringer Grösse doch deutlich. Die polwärts gerichteten Schenkel sind relativ lang, die aequatorial gerichteten kurz, doch angeschwollen; solche Anschwellungen zeigen sich meist auch am Ende der polwärts orientirten Schenkel. Die Zahl der Doppelelemente in der Kernplatte ist annähernd 12. Das Auseinanderweichen geschieht in früher beschriebener Weise. Dabei findet oft eine eigenthümliche Abweichung von den normalen Vorgängen statt, die weiter besprochen werden soll. Die Tochterkerne sind stark abgeflacht; die Differenzirung der Tochterspindeln geschieht trotzdem in einer, den bisher geschilderten Liliaceen entsprechenden Weise; so auch der Abschluss des Theilungsvorganges[5]). Die von Tangl[6]) gemachte Angabe eines öfters beobachteten helleren Hofes um die Kernspindel lässt sich ungezwungen auf die ursprüngliche Kernhöhle zurückführen. Das in dieselbe eindringende Cytoplasma hat den Kernsaft zu verschlucken und ist deshalb wasserreicher.

Die Angabe von Tangl[7]), dass die Pollenmutterzellen von Hemerocallis fulva simultan in die vier Pollenzellen zerfallen sollen,

---

1) Dieses Bild nach einem Alcohol-Präparat, daher relativ klein.

2) l. c. p. 4.

3) Ebendas.

4) Diese Gebilde sollen nach Tangl (l. c. p. 5) die Kerne einer nur relativ geringen Anzahl von Mutterzellen begleiten und Nucleolen sein. Die Bedingungen für ihre Entstehung sollen dort gegeben sein, wo eine Pollenmutterzelle, auch auf relativ vorgeschrittenem Zustande, einen multinucleolaren Kern besitzt.

5) Diese Bilder konnte Tangl unmöglich richtig deuten, da ihm nicht die andern günstigen Objecte bekannt waren.

6) l. c. p. 5.

7) l. c. p. 7.

stimmt nicht zu meinen Beobachtungen. Die Zellplatte, die nach dem ersten Theilungsschritt gebildet worden ist, wird nicht aufgelöst, sie bildet eine Scheidewand aus Cellulose [1]), die aber sehr zart bleibt. An diese schliessen die Scheidewände an, die nach der Theilung der Tochterkerne entstehen und zwar in der für die meisten Monocotylen gewohnten Weise. Die Theilung der Schwesterzellen erfolgt nämlich entweder in derselben Ebene, oder in zwei sich rechtwinklig schneidenden Ebenen. Hierauf erst folgt eine rasche Verdickung aller erzeugten Wände.

Tangl fügt weiter hinzu [2]), „dass einzelne Specialmutterzellen der Tetraden auf Stadien, die der Bildung der Pollenzellen vorausgehen, in den meisten Fällen noch nachträgliche Theilungen erfahren.“ Hiermit komme ich zu dem vorhin angedeuteten Verhalten, das sehr eigenthümlich ist, freilich ganz anders verläuft, als eben von Tangl angegeben wurde. Gleich beim ersten Theilungsschritt der Pollenmutterzelle werden nämlich häufig mehr als zwei Zellen gebildet. Zwei Zellen sind hierbei stets grösser, es sind das diejenigen, die normaler Weise anzulegen waren. Neben ihnen bemerkt man eine oder selbst zwei kleinere Zellen. Diese kleineren Zellen haben auch einen bei weitem kleineren Zellkern aufzuweisen. Zwei Fälle dieser Art, in denen je drei Zellen gebildet wurden, habe ich in den Figuren 64 und 65 Taf. II abgebildet. Es frug sich, wie ein solcher Theilungsschritt, der augenscheinlich simultan eintrat, möglich sei. Das nächste war an eine dreipolige Kernspindel zu denken, wie ich solche an andern Orten beobachtet hatte; doch störte die ungleiche Grösse der Theilkerne. Da stellte sich endlich, nach ziemlich mühsamer Untersuchung, ein bisher noch nicht beobachteter Vorgang heraus. Bei der Trennung der Kernplattenelemente in ihre beiden Hälften kommt es hier nämlich häufig vor, dass einzelne Elemente, statt gegen den Pol zu rücken, im Aequator der Spindel verbleiben (Fig. 63, Taf. II). Die Vermehrung der Verbindungsfäden schreitet nun in gewohnter Weise fort und das denselben äquatorial anhaftende Kernplattenelement wird hiedurch gegen die Peripherie geschoben. Kommt nun der Augenblick der Zell-

1) Tangl findet auch, dass diese erste Zellplatte zur Bildung einer Cellulose-Scheidewand führe, nichts desto weniger nimmt er deren Resorption an, l. c. p. 18.

2) l. c. p. 9.

plattenbildung, so sieht man die beiden Schwersterkerne sich eben so gut gegen einander als auch gegen das kleinere Element abgrenzen. Dieses ist in Fig. 64 deutlich zu verfolgen. Die Zellplattenstücke, welche das kleinere Kernelement gegen die beiden Schwersterkerne abgrenzen, halten sich in halber Entfernung zwischen diesen und jenem. Die einfache Zellplatte wird hier in zwei Hälften gespalten. Während nun die weitere Differenzirung in den beiden Schwersterkernen beginnt, stellt sie sich in derselben Weise auch in dem isolirten Elemente ein und es bildet sich dieses schliesslich zu einem ganz normal aussehenden, nur sehr kleinen Zellkerne aus (Fig. 64). Das Anwachsen des Complexes von Verbindungsfäden hat ein andauerndes Fortrücken des kleinen Kerns gegen die Peripherie zur Folge, bis dass die beiden Zellplattenhälften die Wand der Mutterzelle erreicht haben (Fig. 65). Jetzt wird die Zellplatte in eine zarte Cellulosewand verwandelt. Bei dem nächsten Theilungsschritt der beiden grösseren Schwesterzellen kann sich auch die kleine dritte mittheilen: dann schliesst die ursprüngliche Mutterzellhaut 6 Zellen ein. Hat sich die kleine Zelle nicht mehr getheilt, so sind deren nur 5. Sind neben den zwei grösseren zwei kleinere Zellen beim ersten Theilungsschritt gebildet worden, so sind im Resultat 6, 7 oder 8 Zellen möglich. Ich habe deren bis 9 einmal gezählt; da hatten beim ersten Theilungsschritt zwei grössere und drei kleinere Zellen entstehen müssen. In allen Fällen ist es aber derselbe Vorgang, der, bei dem ersten Theilungsschritt der Mutterzelle, in einer so eigenthümlichen Weise die Bildung von Nebenzellen veranlasst. Diese kleineren Zellen werden weiterhin als sonst normale, nur entsprechend kleinere Pollenkörner entwickelt. Es ist jedenfalls von allgemeinerer Bedeutung, dass hier einem jeden Stückchen des, in fast zufälliger Weise, abgetrennten Protoplasma der Pollenmutterzelle die Fähigkeit zukommt, die specifisch-charakteristische Wandung an seiner Oberfläche auszubilden. Ein wenig Kernsubstanz ermöglicht die Existenz und veranlasst daher auch die Individualisirung der einzelnen Protoplasmatheile. Dass Verschiedenheiten in der Grösse, auch der fertigen Pollenzellen hier obwalten, wird bereits von Tangl[1]) angegeben. — Ob dieser merkwürdige Vorgang auch anderswo noch vorkommt, werden spätere Untersuchungen zeigen

1) l. c. p. 9.

müssen. Ein Bild von Hofmeister[1]), welches zwei grössere und einen kleineren Kern in einer Pollenmutterzelle von Passiflora coerulea zeigt, scheint für eine ähnliche Möglichkeit dort zu sprechen. Vielleicht auch ein Bild mit mehreren Theilstücken innerhalb einer Pollenmutterzelle, das er für Iris pumila entwirft[2]). So könnte endlich auch eine Angabe von Wimmel[3]) für Fuchsia, wo „die Zahl der in der Pollenmutterzelle entstehenden Theile nicht bestimmt", die Theile auch nicht von gleicher Grösse sein sollen, für eine ähnliche Erscheinung dort sprechen. Ueberhaupt hätte sich aber die Untersuchung hier an Pflanzen zu wenden, die auch im fertigen Zustande neben normal-grossen, kleinere Pollenkörner aufzuweisen haben.

Die Theilungsvorgänge der Zellkerne in den Pollenmutterzellen der Tradescantia-Arten weichen von den bisher geschilderten Fällen in einem Punkte ab. Der Mutterkern derselben theilt sich nämlich im Wesentlichen bereits so, wie es bisher erst die Tochterkerne thaten. Der Fadenknäuel des Mutterkernes trennt sich somit in Stücke erst dann, wenn die vorbereitenden Anordnungen zur Bildung der Kernplatte bereits getroffen sind. Auch zeichnen sich hier die Kernfäden durch besondere Dicke aus.

Der feine, zarte Fadenknäuel mit einigen schwach markirten Nucleolen, den wir in jüngsten Pollenmutterzellen von Tradescantia subaspera finden, weicht alsbald dem schärfer markirten Fadenknäuel, welchem seitlich das hier sehr flache Secretkörperchen anliegt. Dann zieht sich der feine Faden zu einem relativ kurzen, mindestens zehn Mal dickeren zusammen. Es ist hier, ungeachtet der mehrfachen Windungen, leicht festzustellen, dass es sich nur um einen einzigen solchen, ohne Ende in sich zurücklaufenden Faden handelt[4]). An diesem hat nun bereits Baranetzky den Aufbau aus abwechselnden helleren und dunkleren Scheiben constatiren können. In der That tritt dieser Bau dem Beobachter bei jeder Art der Behandlung, namentlich auch an Wasserpräparaten,

1) Bot. Zeitung 1848, Sp. 652 u. Taf. VI, Fig. 7.

2) Abh. der math.-phys. Cl. d. Kl. sächs. Gesell. d. Wiss. 1861. Bd. V. Taf. XX. Fig. 16.

3) Bot. Zeitung 1850, Sp. 243. Aus den zugehörigen Figuren 97—103, Taf. V ist kaum etwas zu ersehen.

4) So schon Baranetzky, Bot. Zeitung 1880, Sp. 246 u. 247.

scharf entgegen. Die Kernfäden zeigen, schreibt Baranetzky [1]), „regelmässige glatte, in regelmässigen Abständen von einander liegende dunkle Streifen, welche mit ungefähr eben so breiten Streifen von hellerer Zwischensubstanz abwechseln". „Die Schärfe und Regelmässigkeit des Baues ist oft so gross, dass beim ersten Anblick die Kernfäden unwillkührlich an die aus platten Zellen bestehenden Oscillarienfäden erinnern." „Genauere Untersuchung der so differenzirten Kernfäden zeigt, dass ihre Contourlinien nicht mehr glatt, sondern wellenförmig oder wie unterbrochen erscheinen. Das kommt daher, dass jeder dunkle Streifen nach Aussen einen leistenförmigen Vorprung mit abgerundeter scharfer Contourlinie bildet, während die einspringende Umrisslinie der weichen Zwischensubstanz sehr zart, manchmal kaum zu erkennen ist." So weit stimmen meine Beobachtungen mit den Baranetzky'schen überein, doch kann ich ihm nicht in dem Ausspruch folgen, dass es sich bei dieser Structur um eine eng gewundene Spirale handle. Zunächst müsste es in der That scheinen, als wenn die früher von mir gegebene Entwicklungsgeschichte, welche die dicken Fäden durch drahtfederartiges Zusammenrollen der dünnen entstehen lässt, für eine solche Auffassung spräche; doch lehrt die directe Wahrnehmung das Gegentheil und ihr kommt ja definitiv die Entscheidung zu. Die Angabe von Baranetzky [2]), dass die Spirale ausgezogen werden kann, gelang es mir nicht zu bestätigen, vielmehr setzte ich mit Hülfe der Tinctionen und der besten optischen Hülfsmittel fest, dass es sich in der That um die Abwechselung flacher Scheiben handle. Es findet bei der Verkürzung des dünnen Fadens, respective dem sich Einrollen desselben, eine vollständige Verschmelzung der kleinsten Theilchen statt und die dicken Kernfäden bestehen aus (so weit unterscheidbar) homogenen Scheiben, von abwechselnd Nucleo-Hyaloplasma und Nucleo-Mikrosomensubstanz. Neben dem Kernfaden ist stets noch das Secretkörperchen, hier relativ häufig auch zwei, zu sehen. An Essigsäure-Methylgrün-Präparaten ist es übrigens meist nicht zu finden; es wird hier, so scheint es, gelöst; wohl aber tritt es scharf an den Alkohol-Safranin-Präparaten hervor. — Der lange, wurmförmige, dicke

1) Baranetzky spricht hingegen von einem Convolut von Kernfäden l. c. Sp. 248.

2) l. c. Sp. 284.

Kernfaden legt sich hierauf in Windungen, die in der Höhe nicht unbedeutend abweichend, doch alle mehr oder weniger parallel zueinander laufen. So bilden jetzt die Windungen des Fadens eine Scheibe [1]), deren Lage mit derjenigen der zu bildenden Kernplatte zusammenfällt. Gleichzeitig war die Kernwandung aufgegeben worden und das Cytoplasma wandert zwischen die Windungen des Fadens ein. Dies muss an Essigsäure-Präparaten studirt werden, die Alkohol-Präparate zeigen nur contrahirte Bilder. Ueberhaupt ist die Mutterzelle des Tradescantia-Pollens insofern ein empfindliches Object, als die Anordnung ihres Inhalts leicht leidet [2]). Dahingegen ist der Kernfaden, als solcher, ein sehr resistentes Gebilde und bleibt viele Stunden lang erhalten selbst dann, wenn man ihn aus der Zelle in umgebendes Brunnenwasser ausdrückt. — Wie schon berichtet wurde, sind auf dem der Kernplattenbildung unmittelbar vorangehenden Stadium die Windungen des Fadens so gelegt, dass die Umbiegungsstelle polwärts, die gerad laufenden Stücke senkrecht gegen die Aequatorialebene gerichtet erscheinen. Hierauf öffnen sich die Schleifen an den Polenden, erfolgt auch eine Continuitäts-Unterbrechung in der Aequatorialebene, wo dann die freien aequatorialen Enden der respectiven Fadenstückhälften mehr oder weniger stark hakenförmig eingekrümmt werden. Jetzt erst treten beiderseits die schwach markirten Spindelfasern auf. Die Zahl der Elemente in jeder Kernplattenhälfte, vom Pol aus betrachtet, schwankt meist zwischen 10—12. — Die auseinanderweichenden Elemente sind an ihrem polwärts gerichteten Ende hakenförmig oder U-förmig eingekrümmt. Auf die Differenzirung der Tochterkerne gehe ich hier nicht weiter ein und bemerke nur, dass sich in den Tochterzellen alsdann die Vorgänge wesentlich so wie in der Mutterzelle abspielen.

Es lag nahe zu fragen, ob die Ausscheidung eines Secretkörperchens aus den Pollenmutterzellen etwa nur auf die Monocotylen beschränkt sei, oder weitere Verbreitung habe. Letzteres musste von vorn herein wahrscheinlicher erscheinen, liess sich aber

---

1) Baranetzky sagt bereits l. c. Sp. 265, das Convolut der Kernfäden bilde eine Scheibe, die Windungen seien mehr oder weniger parallel.

2) Daher die meisten der Baranetzky'schen Bilder l. c. Taf. V.

doch nicht so leicht nachweisen, als ich gehofft hatte. Die Pollenmutterzellen der Dicotylen gehören nämlich zu den ungünstigsten Untersuchungsobjecten. Sie sind auf den betreffenden Stadien relativ klein, lassen sich meist nur schlecht fixiren und färben. Ich werde daher im Folgenden auch nicht vollständige Schilderungen der Theilungsvorgänge geben, vielmehr nur das für uns Wichtigste herausgreifen.

Sehr leicht ist die Existenz des Secretkörperchens gleich nach dessen Bildung, auf demjenigen Stadium, das dem Schwinden des Secretkörperchens folgt, zu constatiren. Das Secretkörperchen befindet sich dann stets in peripherischer Lage, der Kernwandung anliegend. Es färbt sich mit Methylgrün nicht oder nur schwach, nimmt übrigens bei manchen Arten auch intensive Färbung an. — Ich fand das Secretkörperchen bis jetzt bei allen untersuchten Dicotylen, so beispielsweise bei Delphinium intermedium, Aconitum Napellus, Glaucium fulvum, Althaea rosea, Bryonia dioica. Am leichtesten dürfte der Nachweis bei Glaucium fulvum sein. Das Secretkörperchen färbt sich hier, auf dem angeführten Stadium mit Methylgrün nur noch unmerklich. Der Kernfaden sondert sich hierauf in sehr kurze Stücke, die der Kernwandung anliegen. Auch hier sind diese Stücke völlig frei gegen einander, so dass ein solcher Zustand nothgedrungen früher als körnig bezeichnet werden musste. Die Kleinheit des Objectes lässt über die doppelte Zusammensetzung der einzelnen Stücke nur relative Sicherheit erlangen. Doch unterliegt es wohl kaum einem Zweifel, dass eine solche Zusammensetzung auch hier vorliegt. Das Secretkörperchen nimmt an Grösse ab und schwindet, während die Kernwandung aufgegeben wird, das Plasma zwischen die Kernelemente einwandert und diese in die Mitte der Zelle zusammenrücken. Folgt hierauf die Ausbildung der Kernspindel, die sehr schlank ist, aber eine Kernplatte von nur geringer Höhe besitzt. Die Zusammensetzung der Letzteren aus doppelten Elementen ist in den günstigsten Fällen zu erkennen; im allgemeinen präsentirt sie sich nur wie eine aus stäbchenförmigen Elementen gebildete Scheibe, von der einzelne polwärts gerichtete, doch nur kurze Fortsätze ausgehen. Die Tochterkerne wiederholen denselben Vorgang wie der Mutterkern. Die primäre Zellplatte wird währenddem resorbirt. Nach erfolgter Theilung der Tochterkerne werden die fehlenden Verbindungsfäden im umgebenden Cytoplasma ergänzt und die tetraë-

drische Theilung der Pollenmutterzellen hierauf vollzogen. Eingehendes Studium der primären, relativ schlanken Kernspindel musste mir auch hier wieder die vollste Ueberzeugung aufdrängen, dass die Spindelfasern aus dem Cytoplasma hervorgehen. — Bei Althaea rosea bleibt das, im Verhältniss zur übrigen Kernsubstanz sehr voluminöse Secretkörperchen bis zuletzt mit Methylgrün tinctionsfähig. Es zeigt auch weiterhin ein eigenthümliches Verhalten, indem es sich, zerfliessend, um die ganze Kernhöhle zieht und auch noch die fertige Kernspindel in einiger Entfernung, wie ein dunkler gefärbter Mantel umgiebt. — Auch in den Pollenmutterzellen von Pinus silvestris fand ich das Secretkörperchen unter den gewohnten Erscheinungen wieder. Die primäre Kernspindel dieser Zellen zeigt relativ dicke, kurze Elemente; dieselben liegen deutlich in einer Doppelschicht. — Es lag nun nahe, nach den Secretkörperchen auch bei den höheren Kryptogamen zu suchen und hier trat es mir denn auch gleich in den Sporenmutterzellen von Equisetum limosum entgegen. Man findet in den jungen Sporenmutterzellen leicht Zustände, welche den mit Methylgrün stark tingirten Fadenknäuel in Contraction und, demselben einseitig anliegend, das nicht oder doch schwächer tingirte Secretkörperchen zeigen (Taf. II, Fig. 66). Folgt auch hier bald ein Zustand, wo der Zellkern isolirte „Körner" führt, welche alle der Kernwandung anliegen. Dass es zusammengelegte Fadenstücke sind, lässt sich wohl hin und wieder constatiren. Das Secretkörperchen liegt diesen „Körnern" von innen an. Es wird allmählich kleiner und schwindet zuletzt. Die Kernspindel hat die Gestalt einer Citrone (Fig. 67). Sie ist ausgezeichnet durch die sehr dichte Kernplatte, sehr scharf gezeichnete Spindelfasern und ebenso scharfen äusseren Contour. Die Kernplatte besteht aus den zahlreichen Elementen, die wir vorhin an der Kernwandung sahen; diese Elemente sind so dicht an einander gedrängt, dass die Kernplatte ein fast solides Aussehen erhält. Der äussere, scharfe Contour rührt nicht, wie ich früher meinte [1]), von der Kernwandung her. Diese ist hier, wie auch sonst, auf einem früheren Zustande verschwunden: der scharfe Umriss ist vielmehr nur der Ausdruck für die gleich scharfe Ausbildung der Spindelfasern; diese sind es, die so deutlich gegen die Umgebung absetzen. Die eigenthümliche Gestalt der Kern-

1) Zellbildung und Zelltheilung III. Aufl. p. 155.

spindel wird durch deren Abrundung an den Seiten, plötzliche Zuspitzung an den Polen veranlasst. Die secundären Kernspindeln zeigen ganz dieselbe Entwicklung wie die primären und haben, von der geringeren Grösse abgesehen, auch dieselbe Gestalt. Die eigentliche Zusammensetzung der Kernplatte verräth sich während ihres Auseinanderweichens. In Figur 68 ist festzustellen, dass die einzelnen, auseinanderweichenden Elemente U-förmig sind und ihre Krümmungsstelle polwärts wenden. — Auch bei Psilotum triquetrum fand sich das Secretkörperchen wieder, relativ sehr klein im Verhältniss zu der Kerngrösse (Fig. 69). Ein feiner Fadenknäuel erfüllt die Kernhöhle. Der Faden besteht aus Nucleo-Hyaloplasma mit regelmässig aneinandergereihten Nucleo-Mikrosomen. Auf späteren Zuständen findet man die an der Kernwandung vertheilten „Körner“ (Fig. 70), und kann leicht feststellen, dass das Secretkörperchen, an diesen hängend, in die Kernhöhle hineinragt. Der bedeutenden Grösse der Kerne entsprechend lassen sich die einzelnen Körner unschwer als aus einem der Länge nach zusammengesetzten Fadenstücke bestehend nachweisen. Auch die Alternation hellerer und dunklerer Scheiben ist in den Fäden sichtbar. Die Zahl derselben ist sehr gross. Die Kernspindeln sind flacher als gewöhnlich; die Elemente in der Kernplatte dicht an einander gedrängt; ich muss die Zahl derselben auf etwa 140 schätzen. Es sieht aus, als wenn die Kernplatte aus einfachen, sich gegenseitig berührenden Körnern oder Stäbchen gebildet wäre. Die Spindelfasern neigen stark zusammen, um sich an den Polenden etwas aufzurichten und eine verlängerte Spitze zu bilden [1]). Die Tochterkerne machen dieselben Veränderungen wie der Mutterkern durch, um zur Spindelbildung zu gelangen. Die Tochterspindeln stimmen somit auch in ihrem Bau vollständig mit der Mutterspindel überein.

Wie schon früher berührt wurde, meinte Tangl [2]) nur an solchen Kernen der Pollenmutterzellen von Hemerocallis, welche multinucleolär gewesen, das Austreten der nicht tingirbaren

1) Vergl. meine älteren Abbildungen der Kernspindel l. c. Fig. 121. Wie sich jetzt zeigt, hätte die Fig. 115 dort erst auf 120 in der Entwicklungsreihe folgen sollen. Auch geben die Figuren wohl den allgemeinen Eindruck, nicht aber die Details, richtig wieder. In Fig. 117—119 ist auch dort das Secretkörperchen zu sehen.

2) l. c. p. 5.

Körperchen beobachtet zu haben und erklärte sie für Nucleolen. Dass sie mit uni- oder plurinucleolären Zuständen nichts zu thun haben, glaube ich gezeigt zu haben. Sie treten erst auf, nachdem das Kernkörperchen oder die Kernkörperchen in dem Fadenknäuel des Kerns Aufnahme gefunden. Ihre Entwicklungsgeschichte unterscheidet sich auch von derjenigen echter Nucleolen, denn sie treten nicht im Verlauf der Fadenwindungen auf, vielmehr ausserhalb derselben, stets an der Wand der Zelle. Ausgeschlossen ist ja nicht, dass in der so ausgesonderten Substanz die Substanz früher Kernkörperchen vertreten sei, aber erweisen lässt sich dies nicht. Thatsächlich giebt es auch ächte Nucleolen, die sich schwer oder überhaupt nicht mit den Kerntinctionsmitteln färben: so beispielsweise die Nucleolen der Kerne in den sich theilenden Zellen der Staubfädenhaare von Tradescantia. Auch sind kleine Vacuolen eine in echten Nucleolen nicht eben seltene Erscheinung. Dem fertigen Zustande nach könnte das Secretkörperchen somit durchaus als Kernkörperchen gelten, wenn nicht dessen Entwicklung die vorhin berührten Eigenthümlichkeiten zeigen möchte.

Taugl betrachtet die Ausstossung eines solchen Körperchens aus dem sich zur Theilung anschickenden Zellkern bei Hemerocallis als einen abnormen Vorgang, der sich doch nur selten einstelle[1]); wir fanden hingegen, dass es eine constante Erscheinung nicht nur in allen Pollenmutterzellen von Hemerocallis, sondern auch in allen andern von uns bisher untersuchten Pollenmutterzellen von Angiospermen und Gymnospermen, ja selbst den Sporenmutterzellen ist. Womit soll nun dieser Vorgang der Aussonderung eines bestimmten Substanztheiles aus den Kernen der Sporen und Pollenmutterzellen verglichen werden? Es lag nahe an die Aussonderungen zu denken, die oft mit der Anlage oder dem Reifen der Geschlechtsproducte verbunden sind. Ich habe solche Vorgänge an andern Orten behandelt[2]), doch auf den vorliegenden Fall lassen sie sich nur schwer anwenden. Liegt schon zwischen der Ausscheidung des Secretkörperchens aus dem Korn einer Pollenmutterzelle und dem Befruchtungsvorgang ein langer Weg, so noch ein viel grösserer zwischen der Ausscheidung des Secretkörperchens aus dem Kern einer Sporenmutterzelle von Equisetum und den sich

1) l. c. p. 13.

2) Zellbildung und Zelltheilung III. Aufl. p. 97.

am Prothallium dieser Pflanze abspielenden Befruchtungsvorgängen. Als durch die Uebereinstimmung merkwürdig muss hier jedenfalls erwähnt werden, dass von la Valette St. George[1]) und Grobben[2]) „Nebenkerne“ gerade auch für Spermatocyten der Thiere angegeben haben. Tangl vergleicht die Bilder die er gesehen mit einigen von O. Hertwig[3]) in thierischen Eiern (Haemopis, Mytilus) bei der Bildung der Richtungsspindel beobachteten Erscheinungen. In der That sieht man auch dort neben der Richtungsspindel häufig ein kleines rundes Kügelchen liegen. Doch beschreibt jetzt M. Nussbaum[4]) solitäre oder multiple „Nebenkerne“ auch im Pankreas von Salamandra maculosa, in den nicht von Secretmaterial erfüllten Zellen, zwischen Kern und Membrana propria liegend. Es ist kaum wahrscheinlich, dass es sich hier überall um entsprechende Gebilde von gleichem Ursprung handelt und werden weitere Untersuchungen hierüber mehr Licht zu verbreiten haben. So wollen wir uns denn auch zunächst mit der Feststellung der Thatsache begnügen, dass vor der Theilung der Sporen und Pollenmutterzellen das Nucleoplasma eine bestimmte Veränderung erfährt, die mit Aussonderung eines gewissen Bestandtheiles aus dem Kern verbunden ist. Dass aber eine solche Ausscheidung einzelner Bestandtheile des Zellkerns nicht etwa jede Kerntheilung begleitet, konnte ich, bei speziell auf diesen Punkt gerichteter Aufmerksamkeit, an hinreichend zahlreichen Objekten feststellen.

Die bedeutende Grösse der Zellkerne bei Monocotyledonen veranlasste mich, auch weitere Objecte für eingehendes Studium in dieser Abtheilung des Pflanzenreichs aufzusuchen.

Ein schönes Beispiel für rein vegetative Zelltheilung und damit verbundene Kerntheilungsvorgänge gewährte das Endosperm von Fritillaria imperialis. Die ruhenden Zellkerne (Taf. II, Fig. 71), zeigen ein feines Gerüst von Fäden, welche scheinbar zu einem Netzwerk verschmolzen sind. Dem mit dem Bau anderer Zellkerne Vertrauten wird es immerhin gelingen, einzelne Fäden

1) Archiv f. mikr. Anat. Bd. III. 1867.

2) Arbeiten des zool. Inst. in Wien Heft I, 1878. Sep.-Abdr. p. 37.

3) Morph. Jahrb. Bd. IV, p. 191 u. 201. Taf. X. Fig. 2 u. 14.

4) Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXI. 1882. p. 343.

auf längere Strecken hin in diesem scheinbaren Netzwerk zu verfolgen. Ich bin zu der Ueberzeugung gekommen, dass auch sehr dicht erscheinende Kerne aus einem einzigen, vielfach gewundenen Substanzfaden bestehen, wobei nicht ausgeschlossen, dass sich die Windungen seitlich berühren und so gleichsam die Maschen eines Netzes bilden. In meiner Auffassung bin ich schliesslich auch im vorliegenden Endosperm durch einige Kerne bestärkt worden, welche, durch das Messer geöffnet, nunmehr deutlich den Verlauf ihrer Fadenwindungen zeigten. Dass diese Auffassung richtig, folgt alsbald auch aus den sich anschliessenden Entwicklungszuständen, welche den sich verkürzenden Faden nunmehr übersichtlich zeigen (Fig. 72). Der Faden verkürzt und verdickt sich in der früher geschilderten Weise, indem er sich drahtfederartig zusammenzieht. Letzterer Vorgang ist übrigens weder hier noch anderswo in voller Regelmässigkeit zu denken; es ist nur zu constatiren, dass der Faden während seiner Verkürzung zickzackförmig verlaufende Linien bildet (Fig. 72). Die hintereinander gelegenen Mikrosomen werden so nebeneinander gebracht und können verschmelzen; es entsteht der Zustand, wo ein relativ dickfädiger Knäuel die Kernhöhle erfüllt (Fig. 73 a). Nur die Substanz dieses Knäuels ist tingirt; die Kernwandung farblos; sie gehört auch hier, wie anderswo, als Hautschicht dem sie umgebenden Cytoplasma an. Ausser dem gefärbten Knäuel ist in der Kernhöhle keinerlei geformte Substanz nachzuweisen. Es war ausserordentlich leicht, sich hiervon an einigen Kernen zu überzeugen, die bei der Fixirung des Objects gequollen waren und weit auseinandergerückte Fadenwindungen zeigten. An solchen Kernen trat mir öfters die Zusammensetzung des Fadens aus abwechselnd hellen und dunklen Scheiben auch sehr klar entgegen. In Figur 73 b habe ich ein Stückchen Faden, aus einem derartigen Kerne stammend, bei starker Vergrösserung wiedergegeben. Die tingirten, aus der Verschmelzung der Mikrosomen entstandenen Scheiben werden durch die nicht tingirten Hyaloplasma-Brücken verbunden, und vielleicht auch noch von einem unmessbar dicken Hyaloplasmaschlauch umscheidet. Auf dem nächstfolgenden Stadium schwindet die Kernwandung (Fig. 74) und das Cytoplasma wandert zwischen die Windungen des Fadenknäuels ein. Eine Contraction der Figur findet hierbei auch in diesem Falle nicht statt, da der ganze zusammenhängende Faden ziemliche Stärke besitzt und

dem vordringenden Cytoplasma hinlänglich widersteht. Die Anordnung der Windungen beginnt hierauf eine andere zu werden; sie strecken sich in der Richtung der späteren Längsaxe der Kernspindel. Die Streckung beginnt an den zukünftigen Polen (Taf. II, Fig. 74, 75) und pflanzt sich gegen den Aequator fort (Fig. 76). Währenddem beginnen an den beiden Polen sich bereits einige Schleifen zu öffnen. Die Kernfigur bekommt so das Aussehen der Fig. 77, in welcher die polwärts gerichteten Enden bereits mehr oder weniger gerade gestreekt erscheinen, in der Aequatorialgegend hingegen noch zahlreiche, verschieden orientirte Windungen liegen. Auch hier beginnen sich aber alsbald die Schleifen zu öffnen, und die befreiten Enden der Fäden in die definitiven Lagen anzuordnen. Das Zwischenstadium Fig. 80 u. 81 führt zu der definitiven Kernspindel Fig. 82 bis 84. Das ist der gewöhnliche Vorgang, der sich, entsprechend der Anpassungsfähigkeit so plastischer Formen, je nach Umständen etwas modifieirt. Eine relativ geringfügige Abweichung führt uns das in Fig. 79 dargestellte Bild vor, das dem Zustand der Fig. 80 entspricht. Das Aussehen der Kernfiguren wird stärker verändert, wenn sich die Fadenschlingen sehr eng aneinander legen. In den mir zur Verfügung stehenden ziemlich zahlreichen Präparaten war, wie gesagt, der eben geschilderte Entwicklungsmodus der Kernspindel aus dem Fadenknäuel vertreten; ob derselbe der einzig mögliche für das Endosperm der Fritillaria imperialis sei, soll später noch erwogen werden.

Die Spindelfasern werden erst nach erfolgter Trennung des Fadens in die einzelnen Stücke, gebildet. Sie sind sehr schwach und weil durch die polwärts gerichteten Schenkel der Kernplatte verdeckt, nur in den günstigsten Fällen zu sehen. Dass sie aber vorhanden, zeigen am schönsten solche Fälle, wo die Kernplatte schwach, auf die Aequatorialebene beschränkt ist: da treten die Spindelfasern in ihrer ganzen Länge vor (Fig. 86).

Aus Figur 82, in welche ich absichtlich nur einen Theil der Kernplattenelemente eingetragen habe, ist der Verlauf und die Anordnung derselben am besten zu ersehen. Jedes dieser Elemente ist an seinem äquatorialen Ende hakenförmig gekrümmt. Mit der Krümmung liegen die Elemente der beiden Plattenhälften einander an. Das Hakenende ist mehr oder weniger polwärts emporgerichtet; es steht an Länge bei weitem dem von Anfang an polwärts ge-

richteten Schenkel nach. Die Figuren 83 und 84 sollen zur Vervollständigung des Eindrucks und Ergänzung der gegebenen Schilderung dienen. Die Fig. 85 giebt eine Ansicht der Kernplatte von einem der Pole der Kernspindel aus. Die dunkel gehaltenen Enden der Fäden sind die aufwärts gerichteten. Die Zahl der Elemente in jeder Plattenhälfte abzuzählen, ist kaum mit voller Bestimmtheit möglich, diese Zahl übersteigt 24. Vom Pol aus betrachtet, zeigen die Elemente der Kernplatte einen mehr oder weniger radialen Verlauf ihrer kürzeren Schenkel. Eine Anzahl Elemente liegt im Innern der Figur, die andern sind um dieselben vertheilt. — In der Kernspindel, die ich Fig. 86 dargestellt habe, sind die Kernplattenelemente von ungewöhnlicher Kürze, namentlich die polwärts gerichteten Schenkel reducirt.

Das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften tritt uns hier, gegen früher betrachtete Fälle, mit einer gewissen Abweichung entgegen. Diese hängt wohl mit der grösseren Länge der polwärts gerichteten Schenkel zusammen. Während sich nämlich das untere hakenförmig gekrümmte Ende des Fadens gerade streckt, gewissermassen senkrecht auf der Aequatorialebene zu stellen sucht, krümmt sich nicht, wie wir das sonst gesehen, das obere Ende des polwärts gerichteten Schenkels, derselbe erfährt vielmehr eine Biegung dicht oberhalb der Stelle, wo zuvor seine hakenförmige Krümmung begann. So bekommt denn jeder einzelne Faden annähernd solche Gestalt ⟆ mit nach dieser oder jener Richtung orientirter Krümmung. Am besten ist dies aus der Figur 87 zu ersehen. Die gegenüberliegenden Fäden der beiden Kernhälften berühren sich nur noch mit ihren äussersten Enden. Das Bild würde mit demjenigen des gleichen Entwicklungszustandes an der ersten Kernspindel der Pollenmutterzellen von Fritillaria persica übereinstimmen, wenn wir uns dort den einen Schenkel des Π polwärts umgebogen und verlängert dächten. Die Umbiegungsstelle schreitet nun wie eine Welle an dem Faden polwärts fort, so dass wir sie in steigender Entfernung von der Aequatorialebene finden (Fig. 88). Der äquatoriale Contact der gegenüberliegenden Fäden hat sich während dem nicht verändert. Die Umbiegungsstellen der Fäden liegen in derselben Ebene und bringen daher auch einen Gesammteffect hervor. Diese Stellen zeichnen sich besonders dunkel an der Spindel und rufen bei unvollkommener Tinction die Vorstellung einer seitlichen Verschmelzung

hervor. — Schliesslich hat die Welle das polare Ende des Fadens erreicht, das nunmehr dauernd hier hakenförmig umgebogen bleibt. So ist die hakenförmige Krümmung von dem unteren nach dem oberen Ende des Fadens übertragen worden. Einzelne Fäden, vornehmlich die innern, strecken sich aber meist gerade (Fig. 89) und schauen dann polwärts aus den Kernhälften hervor. Einen guten Einblick in diese Verhältnisse bietet die Figur 90, die besonders locker gebaut war. Auf diesen letzten Stadien wird auch erst der Contact der beiden Kernplattenhälften im Aequator aufgegeben. Beide Hälften entfernen sich nun von einander (Fig. 93). Ansichten von den Polen aus geben jetzt Bilder wie Fig. 91 u. 92. Die Kerufäden neigen polwärts fast bis zur Berührung zusammen (Fig. 93) und die hinausragenden, langen, krümmen sich jetzt zickzackförmig ein, um auf den Körper der Kernanlage zurückzugehen (Fig. 93, 94). Diese Krümmungen setzen sich vom Pol aus weiter auf die Fäden im Innern der Kernanlage fort (Fig. 95), so dass ein dichter Fadenknäuel entsteht. Es folgt eine Contraction des Knäuels bis zur Berührung der Windungen und gleichzeitig eine Verschmelzung der Fadenstücke an ihren Enden zu einem einzigen Faden (Fig. 96). Die Substanz des Fadens wird hierauf feinkörnig und spinnt sich in immer feinere Windungen aus (Fig. 97). Mit diesem Vorgang ist eine Volumenzunahme verbunden, die nur zum Theil auf Lockerung des Knäuels basirt. Denn es findet auf diesen und den folgenden Zuständen eine energische Ernährung der jungen Kerne aus dem umgebenden Cytoplasma statt. Die Zelltheilung wird in der oft geschilderten Weise vollzogen. Die Verbindungsfäden werden alsbald nur noch in der Aequatorialebene vermehrt (Fig. 97). Hier sind sie dicht aneinander gedrängt, laufen aber nach den Kernen zu in relativ nur wenige Fäden aus. Die Zellplatte überspannt schliesslich den ganzen Querschnitt der Zelle, worauf sie sich in eine zarte Cellulosewand verwandelt.

Dank der Güte des Herrn Emil Heuser lagen mir auch prachtvolle Präparate aus den Embryosäcken von Fritillaria imperialis vor, die freie Kerntheilung im protoplasmatischen Wandbeleg zeigend. Ich würde dieses Objekt hier aber nicht besonders zur Sprache bringen, wiche es nicht in einem Punkte von den Endospermpräparaten ab. Die Zellkerne fand ich hier noch grösser und nur einen der kleineren habe ich in Fig. 98

dargestellt. Die Kernkörperchen werden relativ später in den Fadenknäuel aufgenommen. Fig. 98 stellt sie während dieser Aufnahme dar. Die Streckung des Fadenknäuels schreitet nicht von den Polen in der Richtung zum Aequator vor, vielmehr strecken sich die Windungen quer zur Längsaxe des Kerns (Fig. 99), und laufen vielfach in einandergreifend durch die Kernhöhle. Hierauf erfolgt eine Continuitäts-Unterbrechung auf der einen Seite des Kerns (Fig. 100, 101, 102). Die bisher zusammenhängenden Windungen werden auf diese Weise in einzelne zweischenklige Schleifen zerlegt. Diese Schleifen legen sich nun auseinander, so dass die beiden Schenkel sich nach den beiden zukünftigen Polen richten (Fig. 101—105). Gleichzeitig verschieben sie sich gegen einander im Aequator, um sich gleichmässig gegen einander zu vertheilen. Die Schleifen strecken sich gerade bis auf eine äquatoriale Schleife, in welcher hierauf die Trennung erfolgt. So zerfällt jede der ursprünglichen Schleifen in zwei einander correspondirende Hälften zu den beiden Seiten der Aequatorialebene. Das befreite äquatoriale Fadenende krümmt sich noch weiter hackenförmig ein und so wird der fertige Zustand der Kernplatte erreicht, der sich nicht mehr von demjenigen der Kernplatten im Endosperm unterscheidet. So auch stimmen die weiteren Entwicklungszustände überein. Da die Trennung der Windungen, die zur ersten Segmentirung des Kernfadens führt, meist in der Ebene des Wandbelegs erfolgt, so ist sie relativ leicht zu beobachten. Ich hob vorhin, bei Besprechung der Vorgänge im Endosperm, hervor, dass auch dort eine andere Entstehung der Kernspindel als die damals geschilderte wohl möglich sei. Es lässt sich nämlich denken, dass der bei der freien Kerntheilung beobachtete Vorgang unter Umständen auch dort eintrete. Wir werden in der That ein Object kennen lernen, an dem sich beide Vorgänge constatiren liessen. Welche Bedingungen aber für das Zustandekommen des einen oder des andern Vorganges bestimmend sind, konnte nicht festgestellt werden.

An das Vorhergehende schliesse ich die Betrachtung der freien Kerntheilung im Wandbeleg des Embryosacks von Lilium Martagon an. Dieses Object wieder vorzunehmen war mir besonders erwünscht, da ich jetzt hoffte, correctere Abbildungen von demselben gewinnen zu können.

Die Ruhezustände hier nochmals zu zeichnen halte ich für

überflüssig; dieselben zeigen das uns bekannte Fadenwerk, dem hier relativ viel Nucleolen eingebettet sind. Der Faden wird kürzer und dicker, während dessen Windungen sich gleichzeitig quer zum längeren Durchmesser der Kernhöhle strecken. Man sollte nun meinen, dieses müsse zu demjenigen Modus der Spindelbildung führen, den wir bei der freien Kernbildung von Fritillaria imperialis beobachtet, doch mit Nichten. Die quer gestreckten Windungen ziehen sich parallel zur Längsaxe des Kerns, ähnlich wie beim zweiten Theilungsschritt der Pollenmutterzellen von Fritillaria persica und wir erhalten ein Bild, das im einfachsten Falle das Aussehen der Figur 106 Taf. II hat. Die langgestreckten Stränge beginnen sich hierauf in der äquatorialen Gegend einzufalten (Fig. 107). Der Vorgang prägt sich immer schärfer, wenn auch zunächst in geringer Regelmässigkeit aus (Fig. 108). Die Schleifen ziehen sich hierauf immer bestimmter nach der Aequatorialebene (Fig. 109). Jetzt öffnen sich die polaren Schleifen und alsbald folgen ihnen in diesem Vorgange auch die äquatorialen (Fig. 110); die sehr zarten Spindelfasern treten auf und ist die Bildung der Kernspindel vollendet (Fig. 111). Die Figuren 110 und 111 stimmen im Wesentlichen mit der Flemming'schen Fig 2a Taf. III [1]) von Lilium croceum überein. Die Unterschiede sind nicht grösser als sie von Präparat zu Präparat vorliegen. In Fig. 112 liegt eine stark abgeflachte Kernspindel vor, ähnlich derjenigen, die ich früher gezeichnet, doch in richtigerer Ausführung [2]).

Im freien Wandbeleg der Embryosäcke von Lilium croceum fand ich die Entwicklung der Kernspindeln zum Theil so, wie ich sie oben für Lilium Martagon geschildert, zum Theil auch so, wie wir sie im Wandbeleg der Embryosäcke von Fritillaria imperialis kennen lernten, mit querer Anordnung der Windungen, einseitiger Unterbrechung derselben und Aufklappen der Schleifen. Um nicht die Zahl der Zeichnungen all zu sehr zu steigern, beginne ich hier gleich mit der fertigen Kernspindel, welche in Figur 113 dargestellt ist. Das Auseinanderweichen der beiden

1) Archiv f. mikr. Anat. Bd. XX.

2) Zellb. u. Zellth. III. Aufl. Taf. IV. Fig. 98. Die vorliegenden und die anschliessenden Figuren waren stark verwischt aus den Händen des einen Lithographen in die des andern übergegangen und hatten durch nachträgliche Correctur auf dem Steine vollends gelitten. Spindelfasern, von denen im Text (p. 31) die Rede ist, wurden überhaupt unsichtbar.

Kernplattenhälften zeigen uns die Figuren 114 und 115. Die Figuren stimmen weniger mit den Figuren b c und d (Fig. 2. l. c.) von Flemming überein, weil derselbe den Vorgang des Auseinanderweichens hier nicht richtig erkannte und bemüht war, ihn auf das von ihm aufgestellte Salamandra-Schema zurückzuführen. Thatsächlich erfolgt hier der Vorgang ebenso, wie im Endosperm von Fritillaria imperialis, wo wir ihn eingehend geschildert haben. Aus den beiden Kernplattenhälften sieht man auch hier öfters einzelne Fadenenden polwärts hinausragen, auch sie werden aber alsbald hakenförmig eingekrümmt. Nach vollendeter Uebertragung der hakenförmigen Umbiegung von dem äquatorialen auf das polare Ende der Fäden, sieht das Bild wie in Figur 116 aus. Hierauf folgen die Stadien, die Flemming ganz richtig dargestellt hat (l. c. Fig. 2. e, f, g), wo die Kernfäden vom Pol aus beginnend, sich zickzackförmig zusammenziehen, mit ihren Windungen ineinandergreifend. Jetzt findet eine starke Contraction der Anlage statt (Fig. 117) und Verbindung der Fadenenden; hierauf wieder Volumenzunahme mit Dünnerwerden des Fadens und andauernder Zunahme der Windungen. Der junge Zellkern wird währenddem aus dem umgebenden Cytoplasma ernährt (Fig. 118). Die Bildung der Zellplatte aus den Cyto-Mikrosomen ist in dieser Figur schön zu sehen; in den Verbindungsfaden geführt, sammeln sie sich in halber Länge derselben an.

Sehr eingehend habe ich auch die Vorgänge der freien Kerntheilung im Wandbeleg des Embryosacks von Galanthus nivalis studirt. An den Safranin-Nelkenöl-Präparaten war auch hier mehr als an meinen älteren Carmin- und Hämatoxylin-Präparaten zu sehen; auch trat ich jetzt mit erweiterter Fragestellung an die Objecte heran.

Die Zellkerne sind hier meist durch ein einziges, sehr grosses Kernkörperchen ausgezeichnet. Ein Fadenknäuel von Nucleo-Hyaloplasma mit verhältnissmässig voluminösen Nucleo-Mikrosomen lehnt sich im ruhenden Zellkerne an das grosse Kernkörperchen und die Kernwandung an (Taf. II, Figur 119). Letztere besteht hier wie anderswo aus der Hautschicht des umgebenden Cytoplasma. Statt eines Kernkörperchens trifft man in den Zellkernen auch noch zwei, selten mehr, derselben. Vielfach ist das Kernkörperchen unregelmässig eingeschnürt, gleichsam im Theilungsstadium. Die Stücke runden sich gegen einander ab und hängen

oft nur durch eine schmale Brücke zusammen. Die Theile sind von ungleicher Grösse. Die Grösse der Kernkörperchen gewährt hier besonders günstige Einblicke in die Verhältnisse. Ich kann mich des Eindrucks nicht erwehren, dass die Theilung des Kernkörpers ein mehr passiver Vorgang ist, hauptsächlich durch Druck und Zug, die von den Windungen des Cytoplasmafadens ausgeübt werden, veranlasst. Werden die Windungen des Fadens in die Länge gezogen, so muss das zwischen diesen Windungen gelegene Kernkörperchen sich den neuen Bedingungen anpassen, es wird in die Länge gezogen und da es aus einer zähflüssigen Substanz besteht, so kann eine solche Streckung alsbald zur Theilung führen. In manchen Kernen mit eingeschnürtem Kernkörperchen lagen deutlich den Einschnürungsstellen entsprechend gerichtete Fadenwindungen an.

Wegen der relativ groben Elemente im Zellkern von Galanthus sind auch die zur Kerntheilung führenden Vorgänge leichter als sonst zu verfolgen.

Zunächst wird der Kernfaden kürzer und dicker und zeigt die charakteristische Abwechslung der hellen und dunklen Scheiben (Fig. 121). Das grosse Kernkörperchen respective das Kernkörperchenpaar bleibt noch erhalten. In einem Präparat liess sich ausserdem eine ganz auffallende Erscheinung beobachten. An jedem zur Theilung sich anschickenden Zellkerne war nämlich Protoplasma angesammelt, derart, dass beide zusammen einen vorspringenden Höcker am dünnen Wandbelege bildeten. Das wäre aber an sich noch nicht auffallend gewesen, wenn nicht dieses angesammelte Protoplasma spindelförmige Gestalt und longitudinale Streifung gezeigt hätte (Fig. 121). Der Vergleich aufeinanderfolgender Zustände lehrte ausserdem, dass die Längsaxe der Spindel, so wie deren Streifung, mit der Richtung der zukünftigen Kernspindel zusammenfielen. Es war somit in dem angeführten Präparate ein Einfluss des umgebenden Cytoplasma zur sichtbaren Geltung gekommen, wie er früher in gleich characteristischer Weise nur etwa in thierischen Eiern beobachtet worden ist. Die gestreifte Cytoplasma-Spindel überbietet den Zellkern nicht an Breite, sie setzt ihm vorwiegend zwei konische Kappen auf, welche in ihrer Lage den Polen der zukünftigen Spindel entsprechen. Nicht dass etwa diese Streifen der Cytoplasmaspindel bereits den späteren Spindelfasern entsprechen sollten, sie sind aber von

gleicher Substanz wie jene gebildet und zeigen, dass sich jetzt schon richtende Kräfte im umgebenden Cytoplasma geltend machen und sicher ihren Einfluss auf den in Theilung eintretenden Zellkern ausüben.

Die nun folgenden Bilder sind nicht den oben besprochenen Präparaten entnommen, weil die Klarheit der einzelnen Kernfiguren dort unter der Ansammlung von Cytoplasma litt. Doch stimmen die zur Darstellung gewählten Bilder mit den dort beobachteten überein.

Zunächst strecken sich die Windungen des Kernfadens in zu einander mehr oder weniger paralleler Richtung (Fig. 122). Diese Richtung fällt bereits in dem erst geschilderten Präparate mit der Richtung der Cytoplasma-Streifen zusammen. Das Kernkörperchen ist auch jetzt noch nicht in den Kernfaden aufgegangen, doch kann es in mehrere Stücke von unregelmässiger Gestalt zerfallen sein. Die Kernwandung ist bereits verschwunden und das Cytoplasma in die Kernfigur eingewandert. Eine Contraction der Kernfigur lag in einigen Präparaten vor, in andern nicht. Zum Theil mag dieser Unterschied dem wechselnden Einflusse des Alkohols zuzuschreiben sein, zum Theil auch der grösseren oder geringeren Resistenzfähigkeit des Kerngerüstes dem Vordringen des Cytoplasma gegenüber. — Die Figur 123 zeigt den nächstfolgenden Zustand. Ein Rest des Kernkörperchens ist an der Anschwellung und stärkeren Tinction der links gelegenen spindelförmigen Masse, in dieser zu erkennen. Diese Masse vereinigt eine grössere Anzahl von Fadenwindungen. Auch in den Figuren 124 und 125 ist noch je ein Theil der Kernkörperchen zu erkennen. Die drei Figuren zeigen, dass die Windungen des Kernfadens weder dieselbe Gestalt noch Höhe haben; nur in der dominirenden Richtung stimmen sie überein. Eine Einfaltung in der Aequatorialgegend hat begonnen. In Figur 126 ist sie noch weiter fortgeschritten; letzteres Bild war seitlich relativ stark ausgebreitet. In Fig. 127 beginnen sich die Schleifen am Aequator zu öffnen. In Figur 128 ist die Spindelbildung im Wesentlichen vollendet und doch das Kernkörperchen noch nicht vollständig in der Figur vertheilt. Auf dem nächsten Stadium (Fig. 129) ist diese Vertheilung für alle Fälle vollendet.

Die Kernplatte ist in gewohnter Weise doppelt zusammengesetzt; die einzelnen Elemente derselben sind hakenförmig, wie hier bei der grossen Dicke und geringen Zahl der Elemente leicht

zu sehen. Gerade aber auch hier gehören gelungene Tinctionsbilder dazu, um die einzelnen Elemente auch im Aequator unterscheiden zu können und sie hier nicht in scheinbarer Verschmelzung zu sehen. Die Spindelfasern sind nur schwach gezeichnet; in dem Präparate mit Cytoplasmaansammlungen um die Kerne liegen sie im Innern dieser Ansammlungen, können somit nicht direct aus den zuvor schon vorhandenen Cytoplasmasträngen hervorgehen.

Das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften spielt sich nach dem für Fritillaria-Endosperm und Lilium-Wandbeleg geschilderten Typus ab. Hier tritt der Vorgang relativ noch deutlicher hervor. Das Emporrichten des unteren hakenförmig gekrümmten Fadenendes, das Aufwärtsschreiten der Krümmung, bis sie das obere Ende des Fadens erreicht, illustriren die Figuren 130—132. Schliesslich sind die Fäden an ihren äquatorialen Enden gerade, an ihren polaren Enden hakenförmig eingekrümmt (Fig. 132) und weichen auseinander (Fig. 133, Taf. II). Das Zusammenneigen der Kernfäden an der Polseite zeigt Fig. 134 u. 135, Taf. III. Hierauf beginnen sich die Kernfäden auch an der Aequatorialseite einzukrümmen (Fig. 136, Taf. III); es folgt eine Contraction der Kernfigur und eine Verschmelzung der Fadenenden. Hierauf fangen die Windungen des Knäuels an auseinander zu weichen (Fig. 137). Gegen die sonstige Regel ist auf diesem Zustande hier das umgebende Cytoplasma nur äusserst schwach gegen die Kernhöhle abgegrenzt und es ragen einzelne Schleifen in unregelmässiger Weise aus der Kernperipherie hervor. Einzelne der hervorragenden Fortsätze scheinen auch wohl einfache zu sein, ob nun das Reagens wirklich eine Unterbrechung des Fadens an jener Stelle bewirkte, ob nun, wie nachweisbar in vielen Fällen, die beiden Schenkel der Schleife dicht an einander liegen. — Weiter vorgeschrittene Zustände aus einem anderen Präparate zeigen, bei schwächerer Vergrösserung, die Tochterkerne in den Figuren 139 und 140. Hier sind Kernkörperchen bereits differenzirt. Dieselben vereinigen sich später zu dem einzigen grossen.

Die Kernspindeln in den parenchymatischen Geweben des Blüthenschaftes von Hyacinthus orientalis zeigen starke Entwicklung der Spindelfasern im Verhältniss zu der nur wenig hohen Kernplatte, deren doppelte Zusammensetzung aber sehr deutlich zu sehen ist. Die Kernspindeln liegen einseitig der Zellwand an

(Taf. III, Fig. 141) und theilen sich auch in dieser Lage. Die Verbindungsfäden breiten sich in Zellen mit weitem Lumen, zu einer sehr flachen Linse ab, um dieses Lumen zu durchsetzen (Fig. 42). Die beiden Tochterkerne werden einander hierbei bedeutend genähert. Die an den Polen zusammenneigenden Fäden der Kernanlage spreizen äquatorialwärts sehr stark auseinander, so dass die Kernanlage im optischen Schnitt ein gespreizt-fächerförmiges Aussehen erhält.

Interessant war das Verhalten der sich frei theilenden Kerne im Wandbeleg des Embryosackes von Hyacinthus orientalis. Auf dem Stadium der Fig. 143 fand ich nämlich ein Strahlensystem an jeder Tochterkernanlage ausgebildet. Die Strahlen bestanden augenscheinlich aus eben solchen Cytoplasmasträngen wie die Verbindungsfäden. Sie convergirten nach derjenigen Stelle, der sich auch die Fäden der Kernanlage zuwandten. Diese Stelle entspricht dem ursprünglichen Kernspindelpol. Cytoplasma-Strahlen an Kernpolen sind in solchem Grade der Ausbildung bisher nur für thierische Eier beschrieben worden. Im Uebrigen schliessen die Vorgänge der Kerntheilung bei Hyacinthus nahe an Galanthus an, verdienen immerhin eine gesonderte Besprechung der Deutlichkeit wegen, mit der die Verschmelzung der Fadenenden in den Kernanlagen vor sich geht. Die Fig. 144 zeigt eine gegenseitige Annäherung der Kernfäden und stärkere Einkrümmung derselben an der Polseite. In Fig. 145 sind auch die äquatorialen Enden der Fäden nach Innen zu gebogen und eine Verschmelzung der aufeinanderstossenden Fadenenden ist bereits vollzogen. Ebenso in der nach einem anderen Präparate dargestellten Figur 146. Es findet eben bei Hyacinthus, im Wandbelag des Embryosacks, eine nur geringe Contraction der Figur, auf den in Betracht kommenden Stadien, statt und gestattet daher leichten Einblick in die sich abspielenden Vorgänge. Die nun folgende Vergrösserung der Kernanlage (Fig. 147, 148) ist mit gleichzeitiger Streckung des Kernfadens verbunden. Derselbe zieht sich einfach in die Länge und vermehrt hierbei auch die Zahl seiner Windungen. Die Kernkörperchen treten im Verlauf der Fäden auf.

Die Kernspindeln von Iris sibirica stehen den bisher für Monocotylen geschilderten bei weitem an Grösse nach (Taf. III, Fig. 149). Die Kernspindel sieht aus, als bestände sie aus dünnen Spindelfasern und einer unregelmässigen, aus kleinen Kör-

nern gebildeten Kernplatte. Entsprechende Tinctionen lehren aber, dass die dünnen, nach den Polen zu scharf convergirenden Fäden nur die polwärts gerichteten Schenkel der Kernplattenelemente sind und die kleinen scheinbaren Körner im Aequator nur die etwas verdickten, kurz hakenförmig umgebogenen äquatorialen Enden derselben Fäden. Die Kernspindel von Iris schliesst somit unmittelbar an diejenige der Lilium-Arten an.

Die Kernspindeln in den Geweben von Asparagus officinalis sind noch kleiner. Sie zeigen zarte Spindelfasern und eine körnige Kernplatte (Taf. III, Fig. 150). Diese in die doppelten Elemente aufzulösen gelingt nicht mehr, doch ist es wohl, nach all dem Vorausgegangenen sicher, dass auch hier die nämlichen Verhältnisse wie anderswo vorliegen und nur die geringe Grösse des Objects deren Feststellung vereitelt.

Angefügt sei, dass ich bei Convallaria majalis in sich theilenden Endospermzellen schlanke Kernspindeln mit wenig hoher doch deutlich doppelter Kernplatte fand und dass ich mich in den Endospermzellen von Nothoscordum fragrans und von Allium odorum von der doppelten Zusammensetzung der Kernplatte ebenfalls überzeugte. Die Präparate von Nothoscordum auf die sich meine früheren Angaben bezogen, zeigen, nach erfolgter Umfärbung, eine sehr niedrige, scheinbar körnige Kernplatte. Nur mit Hülfe anderweitig gesammelter Erfahrung kann man diese Kernplatte in kurze, dicke, hakenförmig gekrümmte, auf einander stossende Elemente zerlegen; nur vereinzelte derselben lassen sich in einen kurzen Fortsatz polwärts verfolgen. Allium odorum hat in meinen Präparaten ebenso kurze, doch immerhin längere Elemente als Nothoscordum aufzuweisen. Hier sieht es bei der gedrängten Lage der Elemente aus als wenn dieselben stäbchenförmig wären. Ich lasse hier von der Veröffentlichung entsprechender Figuren ab, da sich die genannten Objecte nunmehr als relativ ungünstige herausstellten und meine Schilderung jetzt an Bekanntes anschliesst. Die Figur 22 Taf. VIII [1]) von Flemming, eine Kernspindel aus dem Fruchtknoten von Allium odorum darstellend, zeigt uns einen Fall mit relativ langen, stark nach aussen gebogenen Kernelementen. Diese Ausbildung der Kernspindel war mir bisher im Endosperm nicht begegnet, doch zeigen ja die ver-

1) Theil II, Archiv f. mikr. Anat Bd. XVIII.

schiedenen Gewebe einer Pflanze nicht selten solche, im Grunde genommen nur unwesentliche Unterschiede. Ja, kann doch die Form der Kernspindel nicht unbedeutend selbst in einem und demselben Gewebe variiren. So fanden wir ein Endosperm von Fritillaria imperialis, dessen Kernspindeln im Allgemeinen sehr lange Kernplattenelemente führen, auch eine Kernspindel (Fig. 86) mit relativ kurzen Kernplattenelementen und diese in einer Anordnung ähnlich derjenigen des Flemming'schen Bildes.

Ich musste nun auch von vorn herein annehmen, dass mir einige Zustände der Kerndifferenzirung in den lebenden Zellen der Staubfädenhaare von Tradescantia entgangen waren. Ich wiederholte meine Beobachtungen nach dem Leben und fand hier zunächst, dass meine ältere Beschreibung des Vorgangs [1]), so weit sie das schilderte was zu sehen ist, correct war. Ich versuchte, ob es nicht möglich sei, den lebenden Zellkern zu tingiren, ähnlich wie es neuerdings K. Brandt [2]) für Amoeben und Heliozoen gelang, doch vergebens. Die Kernbilder traten wohl in schwach mit Bismarckbraun, Haematoxylin etc. tingirten, wenigprocentigen Zuckerlösungen alsbald schärfer hervor, doch zunächst ohne sich zu färben und nur in Folge beginnenden Absterbens. Die Zellhäute hatten sich alsbald intensiv gefärbt. Auch jede andere die Zellen langsam abtödtende Lösung lässt die Kernbilder deutlicher werden, sistirt aber gleichzeitig die weiteren Entwicklungsvorgänge. Um die volle Seite der Erscheinungen zu gewinnen studirte ich somit auch hier Essigsäure-Methylgrün- und Alkohol-Safranin-Präparate.

Der ruhende Zellkern in den Zellen junger, noch in der Vermehrung begriffener Zellen, der Staubfädenhaare von Tradescantia subaspera, elata, virginica u. a. erscheint sehr dicht, netzförmig gebaut. Auch hier ist es aber nur ein reich gewundener Faden, dessen enge Windungen nach allen Richtungen hin dicht gedrängt in einander greifen, der diese Erscheinung hervorruft. An richtig tingirten und auch an absterbenden Zellkernen kann man sich mit Hilfe entsprechend guter und starker Objective hiervon überzeugen. Der Zellkern schliesst einige Kernkörperchen ein; ich glaubte früher an deren Blaufärbung mit Jod, doch war dies nur eine optische Täuschung. Thatsächlich färben sie sich mit

1) Zellb. u. Zellth. III. Aufl. p. 109.

2) Biologisches Centralblatt 1881—82, p. 203.

Jod überhaupt kaum, und wenig auch mit den sonstigen Färbungsmitteln der Kernkörperchen. Sie sind stark lichtbrechend und erscheinen bei Jodfärbung innerhalb der sich gelb färbenden Kernfäden leicht in der Complementärfarbe. Während der Zellkern sich streckt werden die Windungen des Fadens kürzer und dicker und alsbald beginnen sich dessen Windungen in die Diagonale zu legen. Die Kernkörperchen werden gleichzeitig in die Kernfigur aufgenommen. Im frischen Zustande glaubt man jetzt diagonal angeordnete Reihen von Körnern zu sehen. Diese scheinbaren Körner sind scharfe, enge Biegungen, die der Faden in seinem Verlaufe zeigt. Die Windungen strecken sich gerader und hierauf werden die weiteren Vorgänge am frischen Objecte unsichtbar. Man stellt nun an den fixirten und tingirten Objecten fest, dass sich die Windungen ziemlich parallel zur Längsaxe des Kerns strecken, ähnlich wie in unserm Bilde Fig. 106 Taf. II, für Lilium, nur dichter sich an einanderlegend ; dass hierauf eine Einfaltung der Elemente im Aequator und dann das Oeffnen der Schleifen an den Polen und am Aequator folgt. So entsteht die Kernplatte aus hakenförmig in der Aequatorialebene umgebogenen Fäden aufgebaut. Die Theilung der Kernplatte erfolgt wie bei dem zweiten Theilungsschritt in den Pollenmutterzellen von Fritillaria persica (Vergl. Fig. 47, 48 Taf. I). Die Fäden strecken sich zunächst fast gerade und stehen nun mit ihren äquatorialen Enden aufeinander. Dieser Zustand wird nun wieder auch am frischen Objecte deutlich sichtbar. Oefters zeigt die Kernspindel einen Schopf an ihren beiden Polen, es tritt derselbe dann auf, wenn die Kernfäden zuvor stark im Aequator eingebogen waren; sie zeigen eben, nach erfolgter Streckung am Aequator, die entsprechende Einbiegung an den Polen ; für gewöhnlich ist aber letztere nur unbedeutend. Hierauf beginnt das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften. Die sich mit ihren aequatorialen Enden berührenden Elemente entfernen sich jetzt von einander. Wie wir das auch sonst gesehen, kommt es hier vor, dass einzelne Kernfädenpaare länger in Berührung bleiben und später erst nachgezogen werden. Die Spindelfasern sind auch an den fixirten Präparaten wegen der grossen Länge der bis an die Spindelpole reichenden polaren Schenkel der Kernplattenelemente nicht zu sehen; ausnahmsweise, an Spindelfasern mit relativ gedrängter Kernplatte, brachte ich sie mit Essigsäure-Methylgrün doch zur

Anschauung. Das weitere ist an dem lebenden Objecte zu sehen und früher schon von mir geschildert worden. Die einzelnen Verbindungsfäden werden freilich erst wieder an fixirten Objecten sichtbar. Die auseinander weichenden Kernfäden krümmen sich für alle Fälle hakenförmig an ihren Polenden, sie werden gleichzeitig etwas kürzer und dicker. Sie legen sich zunächst an ihren Polenden an einander, krümmen sich hierauf an ihren Aequatorialenden nach innen und verschmelzen in der schon oft geschilderten Weise mit ihren Enden. An fixirten Objecten ist der Vorgang unschwer zu constatiren. Der vom polwärts angesammelten Cytoplasma ernährte Zellkern vergrössert sich hierauf, doch lange noch ist in demselben die ursprüngliche Anordnung der Kernfäden sichtbar. Diese strecken sich und bilden zickzackförmig gekrümmte Windungen, die immer zahlreicher werden und in einander zu greifen beginnen, worauf die ursprüngliche Anordnung der Fadenwindungen sich verwischt und der Tochterkern allmählich den scheinbar netzförmigen Bau wieder annimmt.

Ich erwähnte schon in meinem Zellenbuche [1]), dass ich im protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes von Leucoium aestivum Kernspindeln mit drei Polen gesehen hätte. Soltwedel bildete diese Kernspindeln seitdem ab [2]). Ich füge hier, nach einem Soltwedel'schen Präparat, ebenfalls eine Figur bei (Taf. III, Fig. 180), um zu zeigen, in welcher Weise diese Kernspindeln an die bereits geschilderten anschliessen. Die Figur 180 zeigt deutlich die drei Pole, zahlreiche scharf gezeichnete, nach denselben convergirende Spindelfasern und eine dreitheilige Kernplatte. Die Elemente dieser Kernplatte sind hakenförmig bis S-förmig, mehr oder weniger regelmässig gekrümmte Fäden, die in der Aequatorialebene auf einander stossen. Die polwärts aufgerichteten Schenkel sind stark nach aussen gekrümmt. — In Zellkernen, die sich zur Theilung vorzubereiten beginnen, wird der Faden relativ dick und allem Anscheine nach continuirlich. Die Kernkörperchen färben sich mit Methylgrün schlecht, gut mit Safranin und zeigen meist kleine Vacuolen. Sie werden relativ spät, wie bei Galanthus, in die Kernfigur aufgenommen.

Von dicotylen Pflanzen sei hierauf Dictamnus albus ge-

---

1) III. Aufl. p. 18.

2) Jen. Zeitschrift für Naturwiss. Bd. VIII. 1881. Taf. XVIII. Fig. 2—4.

schildert [1]). Der Wandbeleg im Embryosack zeigt die Zellkerne, welche in Theilung eintreten sollen, in dem Aussehen der Fig. 151 Taf. III. Die Windungen des Fadens strecken sich hierauf entsprechend der zukünftigen Längsaxe der Kernspindel (Figur 152) und öffnen alsbald ihre Schleifen an den Polen (Fig. 153). Die Kernkörperchen bleiben lange Zeit erhalten. Es folgt die Trennung der Fadenstücke im Aequator, Ausbildung der Spindelfasern und starke Einziehung der Elemente der Kernsubstanz auf die Aequatorialebene. Diese Elemente werden dicker und kürzer und krümmen sich hakenförmig (Fig. 154). Bei beginnender Trennung der beiden Kernplattenhälften führen die einzelnen Fadenstücke die S-, respective C-förmige Bewegung aus, wodurch sie Π-förmig, mit polwärts gerichteter Umbiegungsstelle, werden. Beide Kernplattenhälften weichen auseinander (Fig. 155), dann rücken die Elemente jeder Hälfte seitlich zusammen (Fig. 156) und werden feinkörnig. Trotz relativer Kleinheit des Objects lässt sich deutlich sehen, dass auf diesem Zustande die Enden der benachbarten Elemente sich verbinden (Fig. 157). Hierauf beginnen die Kerne grösser zu werden (Fig. 158), erhalten vom umgebenden Cytoplasma ans eine Wandung (Figur 158, 159) und gehen mit Ausbildung der Kernkörperchen (Fig. 159, 160) in den Ruhezustand ein.

Auch im Endosperm von Corydalis cava Whlbrg. lassen die Kernspindeln, nach entsprechender Tinction, die doppelte Zusammensetzung ihrer Kernplatte erkennen (Figur 161). Freilich ist diese Ueberzeugung nur mit Hülfe der besten optischen Hülfsmittel zu gewinnen und nur auf Grund anderweitiger Erfahrungen das Geschene richtig zu deuten.

Noch schwieriger wird es, sich im protoplasmatischen Wandbeleg der Embryosäcke von Lupinus subcarnosus Hoock. die Kernplatte der Kernspindeln doppelt zu denken; hier versagen auch bei guter Tinction selbst die stärksten Vergrösserungen den Dienst. Man sieht die Kernplatte nur als körnige Scheibe. Die Spindelfasern sind sehr deutlich, das Aussehen der Kernspindeln so, wie ich es früher in der botanischen Zeitung [2]) abgebildet.

---

1) Vergleiche auch Soltwedel „Freie Zellbildung in Embryosack der Angiospermen“ Jen. Zeitschrift für Naturwiss. Bd. VIII, 1881, Taf. XVII, Fig. 31—40.

2) 1880, Taf. XII, Fig. 63.

Die Zellkerne im protoplasmatischen Wandbeleg des Embryosackes von Helleborus foetidus haben hingegen eine für Dicotylen relativ bedeutende Grösse. Sie schliessen in ihrer Differenzirung an Dictamnus albus an, nähern sich aber noch mehr als jene Pflanze es that, den Vorgängen bei Galanthus nivalis. Die Aehnlichkeit der Kernspindeln mit denjenigen von Galanthus ist in manchen Präparaten sehr gross, gewöhnlich sind aber die polwärts gerichteten Schenkel der Kernplattenelemente kürzer als bei Galanthus. Je nach der Länge der polwärts gerichteten Schenkel gehen nun die Fäden entweder sofort durch S- oder C-förmig fortschreitende Bewegung in das Π über, oder diese Krümmung erfolgt im Verlauf des Fadens und schreitet gegen das Polende fort, so dass die Zwischenstadien die Gestalt eines Π haben, davon ein Schenkel polwärts umgebogen und verlängert erscheint.

Für die Theilungsvorgänge bei Chara[1]) kann ich meine älteren Angaben im Wesentlichen nur bestätigen[2]). Ich finde in dem Präparat[3]) Kernspindeln mit Kernplatten und zwischen den Tochterkernanlagen Verbindungsfäden mit Zellplatte. Die ruhenden Zellkerne haben, wie ich jetzt hinzufügen möchte, ein ziemlich dichtes Fadengerüst und ein oder mehr Kernkörperchen aufzuweisen. Die Kernkörperchen meist mit Vacuolen. Das Fadengerüst ist in meinen Präparaten etwas zusammengezogen und so von der Kernwand getrennt, deren Zugehörigkeit zu dem umgebenden Cytoplasma sich hiedurch offenbart. Die Kernspindel zeigt dünne Spindelfasern und eine scheinbar körnige Kernplatte. Ihre Länge richtet sich nach den Raumverhältnissen. Sehr kurze Kernspindeln sind breit und haben fast parallele Spindelfasern. Die Tochterkernanlagen an solchen Kernspindeln sind zunächst sehr flach. Die Verbindungsfäden werden vermehrt, sind in meinem Präparate sehr deutlich und bilden in der für höher organisirte Pflanzen giltigen Form die Zellplatte. In welcher Weise die von Johow[4]) für Chara foetida beschriebenen Vorgänge an die hier geschilderten anzuknüpfen sind, bleibt abzuwarten.

---

1) Nach den Fragmenten in meinen Präparaten möchte Dr. Johow annehmen, dass es sich um Chara fragilis und nicht um foetida, wie ich angab, handelt.

2) Zellb. u. Zellth. III. Anfl. p. 195.

3) Mit 1 % Chromsäure fixirt, dann mit Beale'schem Carmin gefärbt.

4) Bot. Zeitung 1881, Sp. 732 ff.

Es lag nahe, auch meine älteren Präparate von Spirogyra majuscula und Oedogonium tumidulum einer besseren Tinction und hierauf folgenden erneuerten Prüfung zu unterwerfen.

Bei Spirogyra majuscula war nun in der That mit Hilfe der Safranin-Nelkenöl-Methode mehr denn zuvor zu sehen. Ich gebe hier daher auch einige Abbildungen, nach denen meine älteren zu verbessern, respective zu ergänzen wären. Vor Allem ist festzustellen, dass der ruhende Zellkern ausser dem einen oder mehreren Kernkörperchen, ein feines Gerüstwerk von Fäden führt. Diese kommen vornehmlich zur Ansicht, wenn der flache scheibenförmige Zellkern, aus seiner normalen Lage gebracht, in Flächenansicht vorliegt (Taf. III, Fig. 162). Die feinen Fäden bestehen aus Hyaloplasma und führen relativ wenig zahlreiche Mikrosomen. Auffallend ist hier die relativ geringe Tinctionsfähigkeit dieser Mikrosomen im Verhältniss zu der Tinctionsfähigkeit der Kernkörperchen. Das Fadengerüst des Zellkerns erscheint nicht viel dunkler als dasjenige des umgebenden Cytoplasma gefärbt. Die Dichte des Fadengerüstes ist je nach den Präparaten etwas verschieden. In Kernen mit relativ lockerem Gerüst glaube ich mich mit Sicherheit von der Continuität des Fadens überzeugt zu haben. Freilich ist hier nur relative Sicherheit zu erlangen. Der äussere Contour des Kernes zeigt oft etwas vorspringende Ecken, welche den Ansatzstellen der Aufhängefäden entsprechen. Diese Fäden gehen unmittelbar in die Kernwandung über (Fig. 162), von der anzunehmen ist, dass sie auch hier eine Hautschicht des Cytoplasma sei. Ich habe früher für lebendes Material beschrieben [1]), wie sich Cytoplasma an den beiden Endflächen eines Zellkerns sammelt, der zur Theilung angeregt werden soll und wie es neigt sich in senkrecht gegen denselben gestellte Fäden zu differenziren. Der Vorgang erinnert seiner Natur nach an das, was wir jetzt auch an den Kernen von Galanthus, im Wandbeleg des Embryosacks, Gelegenheit zu sehen hatten. Der Zellkern wird dicker, alsbald im optischen Durchschnitt fast rechteckig (Fig. 163), dann biconcav (Fig. 164). In lebenden Objecten scheint jetzt das Kernkörperchen zu schwinden; in Wirklichkeit geht es in den Bau des Kernfadens ein, der sich in zahlreiche Windungen legt, die annähernd parallel zu einander und senkrecht zu den End-

1) Zellb. u. Zellth. III. Aufl. p. 173.

flächen der Kernhöhle verlaufen. Der Vorgang wird uns im Wesentlichen durch die Figuren 163 und 164 vorgeführt, wobei freilich, um die Bilder, so wie ich oben that, zu deuten, anderweitige Analogieen zu Hilfe gezogen werden müssen. Ich hatte an lebenden Objecten beobachtet [1]), wie jetzt eine rasche Längenzunahme (d. h. eine Zunahme in der Richtung der Längsaxe der sich bildenden Kernspindel) erfolgt und wie das an den beiden Endflächen des Kerns angesammelte Cytoplasma in denselben eindringt, um die Spindelfasern zu bilden. Diese Angabe, die verschiedentlich angezweifelt wurde, findet wohl in den zahlreichen Schilderungen dieser Abhandlung ihre hinlängliche Stütze. — Die fertige Kernspindel (Fig. 165) zeigt sich ihrer Hauptmasse nach von den zarten Spindelfasern gebildet, deren Anordnung hier insofern eigenthümlich ist, als sie völlig parallel zu einander laufen, nach den Polen zu durchaus nicht convergirend. Die Kernplatte ist relativ niedrig, sie scheint aus kurzen Stäbchen zu bestehen. Nach der Safranin-Nelkenöl-Behandlung löst sie sich in sehr feine, scharf tingirte Fäden auf. Jetzt lässt sich die Ueberzeugung gewinnen, dass auch hier die Kernplatte aus einer doppelten Lage von Kernfäden bestehe. Diese zeigen eine schwache äquatoriale Einbiegung, einzelne sind auch wohl S-förmig. Die gegenüberliegenden Fäden stossen auf einander (Fig. 165). Bevor das Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften beginnt, wird die Kernspindel etwas in die Länge gestreckt (Figur 166). Hierauf weichen die beiden Kernplattenhälften längs der Verbindungsfäden auseinander. Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch hier eine Umbiegung der Fäden dem Auseinanderweichen vorangeht, denn die sich von einander entfernenden Elemente sind oft deutlich ∩-förmig (Figur 167). Während des weiteren Auseinanderweichens rücken die Elemente jeder Kernanlage aneinander, so dass sich das Bild der Fig. 168 uns präsentirt. Bekommt man auf solchen Zuständen eine der Kernanlagen von der Fläche zu sehen, so erscheint sie gleichsam netzförmig. Die Figur 169 zeigt die Anordnung der Elemente, welche dieses Aussehen veranlasst. Während dieses Zusammenrückens findet aller Analogie nach eine Verbindung der Fadenenden statt, um einen geschlossenen Fadenknäuel aus einem fortlaufenden Kernfaden wieder zu bilden. Dieser tritt uns dann auch als zu-

1) l. c. p. 175.

sammenhängendes Gebilde auf den Zuständen entgegen, welche eine beginnende Vergrösserung der Kerne zeigen. Jetzt hat die Kernanlage auch eine Wandung aufzuweisen und wenn auch bei der Kleinheit des Objectes ihr Ursprung nicht zu verfolgen ist, so zweifle ich doch nicht, dass sie vom umgebenden Cytoplasma aus gebildet wurde. So präsentiren sich uns jetzt in stäter Aufeinanderfolge die Figuren 170—179. Zunächst in der Seitenansicht (Fig. 170, 171, 172) annähernd parallele, senkrecht gegen die Endflächen der Kernanlage gerichtete, relativ dicke Fäden mit Mikrosomen von annähernd gleichem Volumen; dann scheinbar netzförmige Bilder (Fig. 174, 175, 176, 177), welche eine Ansammlung stark lichtbrechender Substanz in wurmförmigen Massen an einzelnen Stellen der Fäden, Dünnerwerden andrer Stellen der Fäden uns zeigen; Vereinigung dieser stark lichtbrechenden Substanztheile endlich zu einem, selten mehreren Kernkörperchen (Fig. 178, 179). Die Ansammlung der stark lichtbrechenden Substanz an den zarten, im frischen Zustande unsichtbaren Fadenwindungen ruft den Eindruck von Kernkörperchen hervor, die man bei der Entstehung des einen grossen Kernkörperchens glaubt schwinden zu sehen. Recht augenscheinlich ist bei Spirogyra die Ernährung der Tochterkerne von dem an ihrem Polende angesammelten Cytoplasma aus; dieses wird in dem Maasse verbraucht, als der Tochterkern an Grösse zunimmt. Auch der Kernsaft, der die Kernhöhle erfüllt, muss aus dem umgebenden Cytoplasma stammen, welches denselben ebenso gut liefern kann, als es ihn zuvor beim Einwandern in die Kernhöhlung verschlucken konnte.

Wie ich das früher schon geschildert, werden hier die Verbindungsfäden meist vermehrt und verschmelzen, nachdem die Tochterkernanlagen einen bestimmten Abstand erreichten, zu mehreren stark concav werdenden Strängen. Die Insertionsstellen dieser Stränge rücken an den Rand der Kernanlagen [1]). Meinen älteren Angaben über Anlage und Fortbildung der Scheidewand habe ich nichts Wesentliches hinzuzufügen, doch zeigten erneute Untersuchungen, dass die zur Verwendung kommenden Körnchen Cyto-Mikrosomen und nicht Stärkekörnchen sind [2]).

J. M. Macfarlane[3]) glaubt, dass die Fäden, auf denen der

1) l. c. p. 176.

2) Vergl. Bau und Wachsthum der Zellhäute 1882, p. 173.

3) Transact. Botan. Soc. of Edinburgh Vol. XIV, 1881, p. 202.

Zellkern von Spirogyra nitida suspendirt ist, in das Innere desselben eindringen und sich daselbst in feine Fasern fortsetzen. Ausserdem giebt er an, dass man mit wasserentziehenden Mitteln z. B. alkoholischer Eosinlösung eine Trennung der Kernwand von der inneren Kernsubstanz zu Stande bringen kann, eine Angabe, die mir nicht uninteressant ist, weil gerade hier die Kernwand leicht den Eindruck hervorruft, als wenn sie integrirender Bestandtheil der Kernsubstanz wäre. Der Nucleolus ist, nach Macfarlane, auf feinen Fäserchen, aus welchem die Kernsubstanz besteht, aufgehängt. Dieser Nucleolus soll eine Membran besitzen und einen Nucleolonucleus enthalten. Der Nucleolonucleus soll sich theilen und hierauf erst auch der Kern sichtbare Veränderungen erfahren. Ein Theil dieser Substanz soll durch die Membran hindurch an den Polen heraustreten und sich dort anhäufen; dann wird die Membran unter den polaren Anhäufungen aufgelöst. Der Nucleolus bleibt an seiner Stelle und ist durch zarte Fasern mit den polaren Substanzansammlungen verbunden. Der Nucleolus soll sich hierauf theilen und seine Hälften auseinanderrücken, die polaren Ansammlungen vor sich schiebend; dann in sie eindringen und mit ihnen zusammen von einer Membran umgeben werden. So sollen die Kerne der Tochterzellen entstehen.

Entsprechend meinen früheren Angaben fand ich auch jetzt die Kernspindel von Oedogonium tumidulum ähnlich den Liliaceen-Kernspindeln gebaut. Sie stimmt fast vollständig mit einer Kernspindel von Lilium Martagon (Taf. II, Fig. 111) überein, wenn bei letzterer die polwärts gerichteten Schenkel convergiren und die äquatorialen Umbiegungen sehr reducirt sind. Die der Spindelbildung vorausgehenden Zustände zeigen auch, dass die Entwicklung der Spindel ganz die nämliche wie bei Lilium Martagon ist. Spindelfasern sind zwischen den bis an die Pole reichenden Elementen der Kernplatte nicht zu unterscheiden.

---

Der ruhende Zellkern der Pflanzenzellen wird, wie ich im Vorhergehenden nachzuweisen suchte, aus Nucleoplasma aufgebaut, in welchem, wie im Cytoplasma, zwei Substanzen zu unterscheiden sind: die sich tingirende Nucleo-Mikrosomen-Substanz und die sich,

mit specifischen Kernfärbungsmitteln nicht tingirende Nucleo-Hyaloplasma-Substanz.

Das Nucleoplasma bildet einen einzigen in sich ohne Ende zurücklaufenden, dünneren oder dickeren Faden. Dieses lässt sich für einzelne Objecte sicher nachweisen, wird durch die Beobachtungen an anderen gestützt; für die meisten Fälle lässt es sich nur nach Analogie erschliessen. Die Windungen des Fadens können enger oder weiter sein; oft lässt er sich leicht, auf lange Strecken hin, in mehr oder weniger geraden Bahnen verfolgen, oft zeigt er sehr stark welligen Verlauf. Namentlich die letztern Fälle rufen durchaus den Eindruck von Netzwerken hervor; doch lässt sich selbst ein scheinbar so dichtes Netz, wie wir es im Zellkern der Tradescantia-Staubfädenhaare finden, auf enge Windungen eines fortlaufenden Fadens zurückführen. Ausgeschlossen ist nicht, dass sich die Windungen des Fadens seitlich berühren, dass sie sich aber an den Berührungsflächen wieder trennen können, beweisen die Zustände, die mit Eintritt in die Theilungsstadien durchgemacht werden.

Der fortlaufende Kernfaden wird aus Nucleo-Hyaloplasma gebildet, dem die Nucleo-Mikrosomen-Substanz in Form kleiner Körnchen, oft in grosser Regelmässigkeit eingelagert ist. Die Körnchen bilden eine einfache Reihe.

Von den Mikrosomen zu den Nucleolen sind oft Uebergänge vorhanden. Die Nucleolen-Substanz zeichnet sich meist durch ihre besondere Tinctionsfähigkeit aus, doch sind mir auch Fälle bekannt, wie z. B. die Zellkerne der Staubfädenhaare der Tradescantia u. a. m., wo die Nucleolen mit den specifischen Kernfärbungsmitteln nicht tingirt werden. Wo Uebergänge zwischen Mikrosomen und Nucleolen gegeben sind, steigt die Tinctionsfähigkeit der Substanz mit deren Masse und mag nur ein Ausdruck dieser letzteren sein. Es ist aber auch sicher, dass in andern, z. B. den vorhin gedachten Fällen, sich die Nucleolen-Substanz von der Mikrosomen-Substanz unterscheiden muss. Ob die Nucleolen-Substanz trotzdem nur eine Modification der Mikrosomen-Substanz sei und aus dieser hervorgehe, will ich dahingestellt bleiben lassen. Wahrscheinlich ist mir aber das letztere, wenn ich bedenke, dass bei Eintritt in die Theilungsvorgänge selbst die stark modificirte Nucleolen-Substanz Aufnahme in das Kerngerüst findet und sich in demselben nicht anders als wie die Mikrosomen-Substanz ver-

hält [1]). Man könnte die Nucleolen-Substanz vielleicht als einen Reservestoff des Zellkerns auffassen, als eine momentan ausser Action gesetzte Substanz. Dafür spricht das allem Anschein nach passive Verhalten der Nucleolen-Substanz während der Ruhezeit im Zellkern, ihr scheinbarer Mangel an besonderer Organisation, die kleinen runden Vacuolen, die in derselben oft auftreten, ja selbst das anscheinend passive Verhalten der Nucleolen bei ihrer Theilung (vergl. Galanthus). Oft finden wir die Kernkörperchen erst relativ sehr spät in das Kerngerüst der Theilungsstadien eingehen, erst wenn die wesentlichsten Differenzirungsvorgänge vollendet sind (Galanthus), dann freilich wird die Substanz des Kernkörperchens scheinbar wieder activ, gleich activ wenigstens wie die Substanz der Mikrosomen, um wie jene in dem Kerngerüst vertheilt zu werden. Als eigentlichen Lebensträger fasse ich freilich im Cyto- wie im Nucleoplasma die farblose Grundsubstanz, das Hyaloplasma auf. Auch die Mikrosomen könnten bereits als Ruhepunkte in derselben gelten. — Die Nucleolen, wenn klein, liegen in dem Hyaloplasma-Faden; mit Grössenzunahme treten sie aus demselben hervor und hängen ihm nur seitlich an. Ein solches Kernkörperchen stösst dann oft an zahlreiche benachbarte Fadenwindungen an und vereinigt dieselben scheinbar. In andern Fällen halten sich die benachbarten Windungen des Kernfadens in geringer Entfernung vom Kernkörperchen, so dass dieses in einer kleinen Höhlung zu liegen kommt; doch ist nicht ausgeschlossen, dass in vielen solcher Fälle Contractionen der Nucleolarsubstanz durch das Reagens mit im Spiele seien. Für manche Zellkerne ist ein einziges grosses Kernkörperchen charakteristisch, für andere mehrere. Gewöhnlich pflegen unter den mit einem Kernkörperchen versehenen auch solche mit mehreren vorzukommen.

Der Nucleoplasma-Faden, sammt Mikrosomen und Nucleolen liegt in der mit Kernsaft erfüllten Kernhöhle. Dieser Kernsaft ist eine wässrige Flüssigkeit die keinerlei geformte Producte bei der gewohnten Fixirung der Zellkerne mit Alcohol oder Säuren giebt. Sie wird auf bestimmten Entwickelungszuständen von dem umgebenden Cytoplasma verschluckt und später auch wieder aus demselben, in die sich bildende Kernhöhle ausgesondert.

---

1) Vergl. hierzu auch Schmitz, Sitzber. d. niederrh. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde in Bonn 13. Juli 1880. Sep.-Abdr. Anm. 2 p. 18.

In dem Kernsaft liegt das Gerüst aus Nucleoplasma allseitig eingetaucht.

Nach aussen ist die Kernhöhle von einer Wandung abgeschlossen, welche nicht der Kernsubstanz, sondern dem umgebenden Cytoplasma angehört und eine Hautschicht desselben ist. Bei sehr starker Vergrösserung erscheint sie wohl fein porös. An dieser Kernwandung setzt das Netz des umgebenden Cytoplasma an, manchmal, wie bei Spirogyra, nur einzelne Cytoplasmastränge. Häufig liegt der Zellkern in Pflanzenzellen in einer dichteren Ansammlung von Cytoplasma, die v. Hanstein als Kerntasche bezeichnete. Die Cytoplasmafäden setzen sich aber in keinem Falle durch die Kernwandung in die Kernhöhle fort. Dass die Kernwandung dem Cytoplasma angehört, folgt nicht nur aus ihrer geringen, mit dem Verhalten des Cytoplasma übereinstimmenden Tinctionsfähigkeit, sondern auch aus dem Umstande, dass sie auf den zur Kerntheilung führenden Zuständen in das Cytoplasma aufgenommen wird.

Wenn somit Auerbach[1]) einmal den Zellkern als eine Vacuole bezeichnete, so liesse sich jetzt hingegen sagen: der Zellkern liegt in einer Vacuole.

Mit den Fäden des umgebenden Cytoplasma stimmt der Kernfaden darin überein, dass er wie jene aus einer glashellen Grundsubstanz und diesen eingefügten mehr oder weniger vorwiegenden Körnchen besteht[2]). Die Körnchen des Cytoplasma und des Nucleoplasma unterscheiden sich durch ihre verschiedene Tinctionsfähigkeit[3]). Es ist in der That meist leicht, mit den specifischen Kernfärbungsmitteln die Nucleo-Mikrosomen intensiv zu tingiren, ohne dass die Cyto-Mikrosomen auch nur eine Spur von Färbung zeigen. Der Bau des Cytoplasma weicht von demjenigen des Nucleoplasma darin ab, dass die Cytoplasma-Fäden vielfach mit einander anastomosiren. Zwar lassen sich einzelne Cytoplasmafäden oft auf grössere Strecken hin verfolgen, doch eben so sichere Maschenbildungen sind an andern Orten zu beobachten. Dass übrigens auch das Cytoplasma ähnliche fadenknäuelartige Differen-

1) Organologische Studien 2. Heft 1874. p. 202—217.

2) Ueber den Aufbau des Cytoplasma aus Hyaloplasma und Mikrosomen vergl. v. Hanstein, das Protoplasma p. 22 u. ff. Schmitz, Sitzber. d. niederrh. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde in Bonn 13. Juli 1880. Sep.-Abdr. p. 4.

3) Vergl. hierüber auch Schmitz l. c. p. 14.

zirungen erfahren kann, geht aus Flemming's[1]) Schilderung des Baues der Spinalganglienzellen hervor. „Der Zellleib wird durchzogen von feinen Fädchen, welche zwar die verschiedensten Windungen und Knickungen beschreiben, aber doch in der Weise gleichmässig vertheilt zu nennen sind, dass sie überall im Zellkörper ungefähr gleiche Entfernungen von einander einhalten.“ — Die Hautschichten des Cytoplasma fasse ich mit Schmitz[2]) als ein sehr stark contrahirtes Gerüst- resp. Maschenwerk auf, aus dem die Mikrosomen verdrängt werden, so dass es nur aus Cyto-Hyaloplasma besteht, welches seine chemische Natur vielleicht gleichzeitig in Etwas veränderte. Um Einblick in die besprochenen Verhältnisse zu gewinnen, ist übrigens Anwendung solcher Tinctionsmittel — etwa von Haematoxylin und Carmin — nothwendig, welche ausser dem Nucleoplasma auch das Cytoplasma tingiren[3]).

Flemming[4]) beschreibt im ruhenden Zellkerne „ein loses, unregelmässiges Gerüst von feinen und gröberen Strängen, Verdickungen darin, Nucleolen meist in diesen eingeschlossen; eine Kernmembran, die einen scharfgefärbten continuirlichen Grenzcontour zu bilden scheint und als übrige Substanz des Kerns eine Zwischensubstanz, die körnig aussieht und anscheinend gleichmässig und viel matter als die vorerwähnten Theile gefärbt ist.“ In der scheinbar homogenen Zwischensubstanz ist bei entsprechender Tinction und Vergrösserung noch ein viel feineres Gerüstwerk von tingirten Bälkchen, in Fortsetzung der gröberen, zu erkennen. Das was man Zwischensubstanz des Kerns nennen kann, werde hierdurch sehr reducirt und zwar auf die Substanz, die noch zwischen den feineren Bälkchen übrig bleibt und die wirklich achromatisch sein kann. Die Kernwandung besteht aus kleinen Portionen von chromatischer Substanz die innen an dem Um-

1) Henle's Festschrift, 1882, p. 13.

2) Sitzber. d. niederrh. Gesellsch. f. Natur- u. Heilk. in Bonn, 13. Juli 1880. Sep.-Abdr. p. 9.

3) Ueber den netzförmigen Aufbau des Cytoplasma, vergl. überhaupt Frommann, Beobachtungen über Structur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen 1880 und Schmitz, Untersuchungen über die Structur des Protoplasma und der Zellkerne der Pflanzenzellen, Sitzber. d. niederrh. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde in Bonn 13. Juli 1880.

4) Theil III. p. 52.

fangseontour des Kerns anlagern und genau ebenso intensiv gefärbt sind, wie die chromatischen Gerüste im Innern des Kerns. Diese Portionen sind von meist abgeflachter, unregelmässiger Form, erstreeken sieh hier und da als stärkere Fortsätze in das Innere des Kerns, sind an den meisten Stellen von annähernd gleicher Grösse, so dass es aussieht, als sei die Kernwand von ziemlich gleichmässig durchbroehenen Lücken durchbrochen. Ob ausserdem noch eine nicht tingirbare, schliessende Membran den Kern umgibt, lässt Flemming unentschieden[1]). Für den Kern der Spinalganglienzelle gibt Flemming[2]) ganz neuerdings an, dass er wie andere Kerne besteht: „aus einem Gerüst oder Netzwerk, das chromatische Substanz trägt, aus einer weichen oder flüssigen Zwischensubstanz (Kernsaft anderer Autoren), aus einem rundabgegrenzten Nucleolus, der stark lichtbrechend und sehr chromatinreich ist und endlich aus einer Kernmembran.“ Die letztere wird als ununterbroehene chromatische Wandschicht beschrieben.

Ich verdanke der Güte von Flemming und Emil Heuser einige Salamandra-Präparate (eines mit Haematoxylin, die übrigen mit Safranin gefärbt), an denen ich mir ein eigenes Urtheil über den Aufbau der Zellkerne, sowohl im Ruhezustande als auch während der Theilung, bilden konnte. Das Gerüstwerk ist in den ruhenden Zellkernen von Salamandra zu eng, als dass die Entscheidung möglich wäre, ob man es mit einem Netzwerk oder einem fortlaufenden Faden zu thun habe, doch widerspreehen die Bilder (Fig. 181, Taf. III)[3]) sicher nicht dieser letzten Auffassung. Bestärkt werde ich in derselben noch durch die späteren, mit Vorbereitung zur Theilung eintretenden Zustände, die dann sicher nur einen dickern Faden zeigen. Den Fadenwindungen sind sehr kleine, zum Theil auch grössere Nucleo-Mikrosomen eingestreut. Einzelne der letzteren zeichnen sich wiederum durch ihre Grösse aus, die sich zu derjenigen der Nucleolen allmählich steigern kann. In manchen Zellkernen sind die Nucleolen auch ziemlich unver-

1) l. c. p. 54 u. 55.

2) Vom Bau der Spinalganglienzellen; aus der Festgabe für Henle. 1882, p. 23.

3) Mein Bild stellt einen mittelgrossen Zellkern dar, es entspricht der Flemming'schen Figur 10, Taf. III, Theil III, nur dass bei Flemming auch eine aus „kleinen Portionen von chromatischer Substanz bestehende Kernwandung“ zur Darstellung kommt.

mittelt da. Die schönen Safranin-Präparate Flemming's zeigen bei entsprechend guter und starker Vergrösserung nur die Nucleo-Mikrosomen tingirt. Ganz wie in Pflanzenkernen wird die Oberfläche des Gerüstes durch die, die Peripherie erreichenden hier umbiegenden, ihr auch wohl eine Zeitlang folgenden Windungen gebildet. Auch bei sehr engem Knäuelwerk muss somit, so wie es Flemming schon angiebt, die Oberfläche des tingirten Kerngerüstes durchbrochen erscheinen. Diese Oberfläche nenne ich aber nicht Kernwandung, eine Bezeichnung, die für Pflanzenkerne ganz unmöglich wäre. Kernwandung ist für mich vielmehr die vom umgebenden Cytoplasma gebildete Abgrenzung. Diese fehlt denn auch den Salamandrakernen nicht. Ist sie auch für den Ruhezustand kaum nachzuweisen, so kann man sich doch von ihrer Existenz unschwer auf jenen Stadien überzeugen wo der Kernfaden dicker geworden, nicht so enge Windungen bildet. Sehr instructiv ist hier vor Allem der Vergleich der Safranin- mit den Hämatoxylin-Präparaten, indem bei erstern diese Kernwandung meist zu fehlen scheint, während sie bei letzteren mitgefärbt, unschwer in die Erscheinung tritt. Ob die von Flemming beschriebene Wandung der Spinalganglienzellkerne der Kernsubstanz angehört, etwa durch sehr eng aneinanderliegende in der Oberfläche des Kerns verlaufende Fadenwindungen gebildet wird, oder dem umgebenden Cytoplasma angehört, oder ob beide an dem scharfen Contour der Flemming'schen Zeichnung sich betheiligten, muss ich dahin gestellt lassen.

Nach obiger Auseinandersetzung halte ich an der früheren Bezeichnung: Kernsubstanz und Kernsaft fest. Die Kernsubstanz besteht aus Nucleoplasma und zwar aus Nucleo-Hyaloplasma, Nucleomikrosomen und Nucleolen; die Kernwandung gehört zum Cytoplasma. Der Kernsaft ist eine wässerige, nicht fixirbare Flüssigkeit, welche die von der Kernwandung umschlossene Kernhöhle einnimmt und in der der Nucleoplasma-Faden liegt.

Die von Flemming eingeführte Bezeichnung Chromatin und Achromatin müsste somit, wenn überhaupt, anders gebraucht werden, als es von Flemming geschehen. Chromatin wären unsere Nucleo-Mikrosomen und Nucleolen, Achromatin das sie tragende Nucleo-Hyaloplasma; während bei Flemming zum Achromatin auch noch der Kernsaft und die, dem Zellkern gar nicht ent-

stammenden Spindelfasern gehören. Doch sind diese Bezeichnungen überhaupt aufzugeben, da sie schlecht gewählt waren. Handelt es sich doch hier, beim „Chromatin", um die Eigenschaft bestimmte Farbstoffe aufzuspeichern, eine Eigenschaft, die auch so vielen andern Körpern zukommt. Anders wenn diese Substanz durch die relativ seltene Eigenschaft ausgezeichnet wäre, etwa bei Berührung mit Wasser, atmosphärischer Luft, oder sonst einer farblosen Flüssigkeit oder Gasart, eine charakteristische Farbe anzunehmen. Meine hier in Vorschlag kommenden Bezeichnungen scheinen mir für alle Fälle den Vorrang zu verdienen, denn sie sind der Eigenart der Objecte, wie sie an sich besteht, entnommen; auch zeigen diese Bezeichnungen die Stellung dieser Objecte im Zellleib und ihr Verhältniss zu den andern Theilen des Zellleibes an. Die Hautschicht, welche die Kernhöhle abgrenzt, fahre ich aber fort als Kernwandung zu bezeichnen, ungeachtet sie nicht der Kernsubstanz, sondern dem umgebenden Cytoplasma angehört, denn sie bildet ja thatsächlich die Wandung der Kernhöhle und tritt uns als solche im Pflanzenreich meist scharf genug entgegen; dass sie aber der Kernsubstanz nicht zugehört, theilt sie mit der Zellwandung, die ebenfalls von dem Cytoplasma verschieden, nichts desto weniger den Namen Zellwand führt.

Auch Pfitzner[1]) giebt neuerdings für den ruhenden Zellkern von Salamandra an, dass er eine scharfe Sonderung in zwei Substanzen erkennen lasse: die eine Substanz stärker lichtbrechend, hauptsächlich tingirbar, die sogenannte Kernsubstanz; die zweite, die sich mehr dem flüssigen Zustande nähert, der sogenannte Kernsaft. Pfitzner zieht vor, sie als Chromatin und Achromatin zu bezeichnen. Das „Chromatin" ist beim ruhenden Zellkern im Kerngerüst und in den Nucleolen enthalten. Die Zwischenräume des „Gerüstwerkes" fand Pfitzner bei allen ruhenden Kernen ungefärbt. Doch sei das Chromatin nur in den „Chromatinkugeln" enthalten und führe das Gerüst ausserdem noch eine dem Chromatin nicht gleich zu achtende Zwischensubstanz. Die Nucleolen liegen im ruhenden Kern ausserhalb des Gerüstes, in seinen Maschenräumen. Während des weitern Verlaufs der „Karyokinese" sollen sie verschwinden, ohne direct mit dem Gerüst in Verbindung zu treten. Eine Kernmembran stellt Pfitzner in Abrede,

1) Morphol. Jahrbuch Bd. VII, p. 295.

doch spricht er von einer scharfen Grenze zwischen Kernmasse und Zellmasse, die sich auch zwischen Kernsaft und Zellmasse zunächst erhält, wenn mit beginnender Karyokinese das Gitterwerk weitmaschiger wird. Diese scharfe Grenze würde unserer Kernmembran entsprechen.

In einer nachträglichen Anmerkung zu seinem Aufsatz über die Spermatozoiden giebt E. Zacharias[1]) an, dass es ihm gelungen sei, in den ruhenden Kernen von Pollenmutterzellen ausser dem Nucleus eine Substanz nachzuweisen, welche in ihren Reactionen mit den Spindelfasern übereinstimmt. Aus dieser Substanz, schreibt Zacharias, nicht aus dem Protoplasma der Zelle, gehen die Spindelfasern hervor. Es wird sich aus der angekündigten Abhandlung von Zacharias zeigen müssen, wie er diese Entstehung der Spindelfasern nachweisen will; inzwischen lässt sich aber denken, dass es das Nucleo-Hyaloplasma sei, das nicht auf Nuclein reagirt. In den Pollenmutterzellen könnte es sich freilich auch noch um jene Substanz handeln, welche wir aus dem Zellkern vor der Theilung als Secretkügelchen austreten sahen.

In den Zellkernen, die sich zur Theilung anschicken, beginnt vor Allem die Contraction des Kernfadens. Derselbe wird kürzer und dicker. Ich habe nun beschrieben und an Bildern zu zeigen gesucht, wie hierbei der Kernfaden sich gewissermaassen drahtfederartig zusammenzieht. Die Bilder zeigen ihn zickzackförmig in enge Windungen gelegt, welche alsbald verschmelzen. Nicht in allen Fällen ist ein solcher Modus der Contraction nachzuweisen, doch häufig genug. Durch diesen Vorgang werden aber zahlreiche Mikrosomen an einander gebracht und verschmelzen zuletzt mit einander. Letzteres ist wenigstens aus dem Umstande zu schliessen, dass der Faden während der Zusammenziehung feinkörnig oder fein punktirt erscheint, nach Vollendung der Contraction von abwechselnd dichten, scheinbar homogenen Scheiben aufgebaut sich zeigt. Die Nucleolen pflegen während dieser Entwicklungsstadien bereits in das Kerngerüst aufgenommen zu werden, das geschieht, indem sie sich dem Verlauf des Fadens anschmiegen, in die Länge strecken und so ihre Substanz sich gewissermaassen auf den Faden vertheilt. Nicht selten zerfallen hierbei die Kernkörperchen in mehrere Stücke, die verschiedenen Fadenabschnitten

---

1) Bot. Zeitung 1881, Sp. 852.

zu Gute kommen. Nicht selten sind auf den geschilderten Entwicklungsstadien die Kernkörperchen noch vorhanden und verbreiten sich erst später in der geschilderten Weise über die Kernfigur (Galanthus). Eine Streckung des Zellkerns in der Richtung der zukünftigen Kernspindel wird auf diesen Stadien meist schon merklich. — Ueber die geschilderten Differenzirungsvorgänge, die zur Verstärkung und Verdickung des Kernfadens führen, giebt Flemming an[1]): „Die erste Metamorphose des Kerns bei der Theilung besteht darin, dass seine sämmtliche tingirbare Substanz, auch die in den Nucleolen und der Membran enthaltene, allmählich in das Kerngerüst eingezogen wird, welches dadurch wächst, sich zunächst verfeinert und unter Schlängelung seiner Bälkchen sich gleichmässig durch den Innenraum ausdehnt; also eine so völlige morphologische Umwandlung erleidet, dass man es mit dem Gerüst des Ruhezustandes nicht mehr vergleichen kann. In einer späteren Publication fügt Flemming hinzu, dass er seinen früheren Angaben nichts Wesentliches hinzuzusetzen habe[2]) und bemerkt nur, dass die feinfasrige dichte Knäuelform, mit der die Karyokinese anhebt, sich auf morphologischer Grundlage des Netzwerks im ruhenden Kerne bilde, aber aus der gesammten tingirbaren Substanz des Kerns.“ Wie Flemming zeigt[3]), sind die Windungen im Salamandrakern sehr regelmässig, sie halten im Ganzen gleiche Distanzen ein, lagern sich aber in der Peripherie der Kernfigur enger als im Centrum. Gleich regelmässige Windungen sind mir im Pflanzenreich kaum vorgekommen, es sei denn im Wandbelege des Embryosackes von Fritillaria imperialis. — Darauf findet, nach Flemming, Verkürzung und zugleich Verdickung dieses zusammenhängenden Fadengewindes statt. Eine Discontinuität desselben sei auf diesen Stadien nicht nachweisbar, doch nicht unmöglich. Die Nucleolen schwinden auf sehr frühen Stadien des Fadenknäuels. Hier stellt Flemming die Hypothese auf, „die Nucleolen seien vielleicht gar keine morphologisch wichtigen Theile des Kerns, sondern nur Ablagerungen von Substanzen, welche für den Stoffwechsel im Kern verbraucht und wieder neugebildet werden: sie würden damit physiologisch wichtige Theile des Kerns bleiben,

1) Theil I, p. 368.
2) Theil II, p. 195.
3) Ebendas.

aber doch keine eigentlich organischen, d. h. auch morphologisch wesentlichen Kernbestandtheile.“ — Nach dem, was ich selber bei Salamandra gesehen, glaube ich mit Bestimmtheit behaupten zu können, dass auch dort der lange dünne Faden des Ruhezustandes sich in ähnlicher Weise zu dem kürzeren regelmässig gewundenen zusammenzieht, wie wir dies in den Pflanzenzellen gesehen. — Unsere Figur 182 soll dies vergegenwärtigen. Die Stadien der Zusammenziehung fallen leicht durch den unbestimmten Contour des sich verdickenden Fadens und dessen feine Granulirung auf. Der Vorgang spielt sich mit geringer Regelmässigkeit ab; einzelne Stellen des Fadens erscheinen dicker wie andere, namentlich diejenigen, an denen grössere Kernkörperchen lagen; diese Stellen fallen auch durch ihre stärkeren Tinctionen auf. Dagegen sagt Pfitzner[1]), „aus dem Chromatingerüst geht die karyokinetische Fadenfigur hervor, indem sich an einzelnen Stellen bedeutende Verdickungen derselben bilden, bisweilen an einer, bisweilen an mehreren Stellen gleichzeitig, jedoch keineswegs im Anschluss an die Nucleolen, mit denen sie leicht verwechselt werden können.“ Um dies zu bekräftigen, weist Pfitzner auf eine Figur von Flemming hin (Theil II, Taf. VII, Fig. 1 b), die aber ein sehr vorgeschrittenes Stadium der Fadenverdickung darstellt. — Der unregelmässig contourirte Faden glättet sich bald und so kommt das Bild Figur 3 (Taf. VIII, Theil II) von Flemming zu Stande, dem meine Figur 183 entspricht. Der Faden ist noch zusammenhängend, sehr regelmässig gewunden. Er zeigt bereits unter günstigen Verhältnissen die Zusammensetzung aus abwechselnd dichten und weniger dichten Scheiben. Diese Zusammensetzung hat neuerdings Pfitzner[2]) beschrieben und glaubte überhaupt der Entdecker solcher Structurverhältnisse zu sein. Thatsächlich sind dieselben aber schon von Baranetzky[3]) in den Pollenmutterzellen der Tradescantien beobachtet worden, wie ich dies an den betreffenden Orten bereits ausführlich angab. Die „einzelnen Fäden der Kernfigur“ von Salamandra, berichtet Pfitzner, werden von einer einfachen Reihe von Körnchen gebildet, deren Grösse dem Dickendurchmesser der Fäden genau entspricht. „Diese Zusammensetzung gewinnt ihren

1) l. c. p. 298.
2) l. c. p. 290.
3) Bot. Zeitung 1880. Sp. 284.

optischen Ausdruck dadurch, dass bei bestimmter Einstellung regelmässig hellere (stärker lichtbrechende) Partien von der Länge der Fadendicke mit schmalen dunkleren (weniger stark lichtbrechenden) meist nur am Rande deutlich ausgesprochenen Partien abwechseln; auch scheinen bei entsprechender Tinction nur die Körnchen gefärbt, die Zwischenräume farblos zu sein[1]). Pfitzner stellt sich vor, dass das „Chromatin" der eigentliche Träger der vitalen Funktionen des Kerns ist und die „Chromatinkugeln" elementare, mit gewissen molekularen Eigenschaften begabte Bestandtheile des Kerns repräsentiren, auf deren Anziehung und Abstossung die Form- und Lagerungsveränderungen der „karyokinetischen Figur" zurückzuführen wären[2]). Ja, Pfitzner glaubt in den „Chromatinkugeln wahre, wirkliche, nur durch die Einwirkung der Reagentien veränderte" Moleküle vor sich zu haben. In diesen Vorstellungen kann ich nun Pfitzner nicht folgen, wohl aber bestätigen, dass ich bei Salamandra die Verbindungsbrücken ans Hyaloplasma relativ schwach im Verhältniss zur Ausdehnung der Mikrosomscheiben fand und dass es oft sehr schwer fällt, sich von der Existenz des zwischenliegenden, ungefärbten Hyaloplasma zu überzeugen. Den Längendurchmesser der Mikrosomenscheiben finde auch ich annähernd dem Querdurchmesser der Fäden gleich. Dass ich dem Hyaloplasma die active Rolle im Nucleo- wie im Cytoplasma zuertheile, habe ich schon an anderer Stelle ausgesprochen; Jeder, dem die Strömungserscheinungen im Cytoplasma, Bewegungen der Amoeben, Plasmodien und dergleichen aus eigener Anschauung bekannt, wird mir wohl in dieser Auffassung folgen.

Einen Aufbau aus flachen, abwechselnd dunkleren und helleren Scheiben constatirte Balbiani[3]) in ganz auffälliger Weise an dem Kernfaden der grossen Kerne der Speicheldrüsenzellen der Larven von Chironomus. Es ist hier nicht der Ort, auf den Bau dieser eigenthümlichen Kerne einzugehen, constatirt sei nur, dass bei jungen Larven nur ein einziger Faden in der Kernhöhle vorhanden ist. Dieser Faden mündet mit beiden Enden in je einen Nucleolus ein. Beide Nucleolen sind öfters verschmolzen und schliessen dann den Faden in voller Continuität ab. Die dunklen Scheiben, schreibt

1) l. c. p. 294.
2) l. c. p. 298.
3) Zool. Anzeiger 1881. Nr. 99 u. 100.

Balbiani, scheinen allein von einer festen Substanz gebildet zu sein, die hellen von einer flüssigen. Wenn der Faden gebogen wird, treten die dunklen Scheiben an der convexen Seite auseinander ohne an Dicke zuzunehmen, die hellen Scheiben werden hier hingegen breiter. Saure Methylgrünlösung färbt rasch die dunkleren Scheiben, nicht die Nucleolen, und die eigenthümliche Anschwellung die sich an den beiden Fadenenden dicht unter ihrer Einmündung in die Nucleolen findet; umgekehrt verhält sich Carmin und Haematoxylin. Ausser diesem Gebilde enthält die Kernhöhle nur eine homogene Flüssigkeit. Balbiani glaubt, dass das oben geschilderte analoge Verhältniss auch für die übrigen Zellkerne der Larven von Chironomus gelte. Jedenfalls ist dasjenige, was hier relativ so leicht an den grossen Zellkernen der Speichelzellen zu gewinnen ist, geeignet, auch andre, früher von uns für die ruhenden Zellkerne entwickelten Gesichtspunkte zu beleuchten und zu bekräftigen.

Der Vorgang, welcher auf die Ausbildung des derberen Fadenknäuels folgt, ist nun bei den verschiedenen Pflanzen verschieden. Entweder nämlich zerfällt jetzt der Faden in einzelne Stücke, oder er bleibt zusammenhängend und legt seine Windungen in die Gestalt der zukünftigen Kernspindel.

In der ersten Kategorie der Vorgänge, der wir in verschiedenen Pollenmutterzellen beim ersten Theilungsschritt begegnen, erfolgt somit zunächst, ziemlich simultan, ein Zerfall des Kernfadens in einzelne Stücke. Die Zahl der Stücke ist annähernd constant. Die getrennten Stücke können sich nicht frei schwebend im Kernsafte erhalten, sie haften mit einer grösseren oder geringeren Fläche der Kernwandung d. h. der Hautschicht des umgebenden Cytoplasma an. Hierauf legt sich jedes Fadenstück der Länge nach zusammen. Die beiden Schenkel berühren einander so dicht, dass die Fadenstücke als einfach, nur verkürzt erscheinen könnten, wenn nicht die Enden der beiden Schenkel meist etwas auseinander spreizen möchten. Jedes Fadenstück hat jetzt die Gestalt eines Y, in manchen Fällen auch die eines $x$, aus welcher letzten Form zu schliessen ist, dass an der Umbiegungsstelle bereits eine Trennung erfolgte und die frei werdenden Enden hier nun auch auseinandertreten können. Oefters sind die zusammengelegten Fadenstücke so kurz, dass sie auch bei starker Vergrösserung nicht anders als wie isolirte, der Kernwandung anliegende

Körner erscheinen. Diese Bilder bestimmten mich früher die Existenz körniger Zustände im Zellkern zu behaupten; von diesen Bildern schloss ich auf die Möglichkeit anderer und in der That konnte erst durch das hier gewonnene Ergebniss der Entwicklungsgeschichte eine richtige Auffassung derartiger Zustände gewonnen werden. Nach erfolgtem Zusammenklappen der einzelnen Fadenstücke beginnt das Cytoplasma in die Kernhöhle vorzudringen. Da muss vor Allem die Hautschicht des Cytoplasma schwinden. Ich nehme an, dass hierzu das enge Gerüstwerk, welches die Hautschicht bildet, sich nur zu erweitern, die Elemente desselben nur auseinanderzutreten brauchen. Das vordringende Cytoplasma nimmt den Kernsaft in die Maschen seines Gerüstes auf und hat alsbald die ganze Kernhöhle erfüllt. In manchen Fällen kann es nun sein, dass dieses in die Kernhöhle eingedrungene Cytoplasma eben in Folge des aufgenommenen Kernsaftes dauernd weniger dicht als das entferntere Cytoplasma bleibt und dass der Raum, welcher von der Kernhöhle eingenommen war, auch später noch durch sein lichteres Aussehen in dem Bilde auffällt. In den meisten Fällen vertheilt sich aber der Kernsaft ziemlich gleichmässig durch das ganze Cytoplasma und ist ein wesentlicher Unterschied zwischen den centralen und den peripherischen Theilen des letzteren in Hinblick der Dichte nicht zu bemerken. Doch bleiben meist gröbere metaplasmatische Einschlüsse des Cytoplasma von dem Raume der ursprünglichen Kernhöhle ausgeschlossen. — Die isolirten Stücke des Kernfadens werden durch das vordringende Cytoplasma nach der Mitte des ursprünglichen Kernraumes zusammengedrängt, das ist die „Contraction“ der Kernsubstanz, die auf diesem Stadium eintritt. Hierauf erst, nachdem der ganze Raum mit Cytoplasma ausgefüllt ist, beginnen die Fadenstücke, innerhalb desselben sich bewegend, auseinanderzutreten. Die Kernfigur erweitert sich wieder. Das Auseinanderweichen erfolgt in mehr oder weniger radialen Bahnen, doch ohne bestimmte Regelmässigkeit. Jetzt nimmt das im Innern der Zelle befindliche Cytoplasma streifige Structur an. Es bilden sich die, nach zwei Polen hin convergirenden Spindelfasern aus. Die seitliche Ausbreitung dieser Spindelfasern richtet sich nach der Entfernung, bis zu welcher die Kernfadenstücke auseinandergewichen sind. Dieselben liegen zum Theil zwischen den entstehenden Spindelfasern, zum Theil der Oberfläche der äussersten derselben

an. Die Spindelfasern sind feine Stränge von Cyto-Hyaloplasma, mit sehr kleinen, oft äusserst spärlichen Cyto-Mikrosomen versehen. Sie gehen, wie aus dieser Schilderung ganz zweifellos folgt, aus dem Cytoplasma hervor. Alle fixirbare Substanz des Zellkerns ist in dem segmentirten Kernfaden vertreten, ausser diesem war nur Kernsaft in der Kernhöhle vorhanden; somit liess sich auch zuvor schon nicht einsehen, welches andere Kernmaterial die in Pflanzenzellen oft so zahlreichen Spindelfasern liefern sollte. Wie Zacharias deren Ursprung aus der Substanz des ruhenden Kerns nachweisen will, bleibt hiernach abzuwarten; derselbe hat andrerseits gezeigt [1]), dass die Spindelfasern nicht aus Nuclein bestehen, letzteres nur in den Kernplattenelementen vertreten sei [2]). — Sobald die Spindelfasern angelegt sind, beginnt sich ein richtender Einfluss auf die Kernfadenstücke geltend zu machen. Derselbe geht, allem Anschein nach, von den Spindelfasern aus. Die Kernfadenstücke, die ich jetzt als Kernplattenelemente bezeichnen will, rücken den Spindelfasern entlang, bis sie in die Aequatorialebene der Spindel gelangen. Die einzelnen Elemente ordnen sich noch im Besondern so an, dass sie ihre den beiden Enden des zusammengelegten Fadenstückes entsprechenden Schenkel nach den beiden Polen der Spindel richten. So kommt der Fuss des Y in eine zur Aequatorialebene parallele Lage, die beiden Schenkel desselben folgen den, nach den beiden Polen gerichteten Spindelfasern. In manchen Fällen können nun freilich die Schenkel des Y so reducirt sein, dass von dem Y-förmigen Element eigentlich nur der Fuss vorhanden. Ist dieser sehr kurz, so sieht man eben nur ein scheinbar einfaches Korn in der Aequatorialebene der Spindel liegen. In der That ist es in den meisten Fällen, selbst bei bester Tinction und vorzüglichen optischen Hülfsmitteln unmöglich, sich von der doppelten Zusammensetzung eines solchen Korns zu überzeugen. Und wie erst dann, wenn man mit sehr kleinen Kernspindeln zu thun hat! Daher mag es denn wohl entschuldigt erscheinen, wenn ich, da solche Kernspindeln im Pflanzenreich besonders verbreitet, an der einfachen Zusammensetzung der Kern-

1) Bot. Zeitung 1881, Sp. 175.

2) Schmitz lässt die „achromatischen Fasern" aus der feinpunktirten Grundsubstanz des Zellkerns, in andern Fällen aus dieser mit Betheiligung des umgebenden Protoplasma entstehen. Sitzber. der niederrh. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde in Bonn, 13. Juli 1880, Sep.-Abdr. p. 26 ff.

platte so lange festhielt. Solche Fälle mussten in der That meine Deutung bestimmen, so lange die nicht eben ganz leicht zu gewinnende Entwicklungsgeschichte derselben mir unbekannt war. Dass es bei grossen Kernspindeln, auch wo sie scheinbar nur einfache Körner führen, an einzelnen der letzteren gelingt, die aequatoriale Trennungslinie zu sehen, konnte jetzt auch festgestellt werden. Oft gehört aber längeres Suchen und für alle Fälle sehr gute Tinction sowie ausreichende Vergrösserung hierzu. Entsprechend der schon berührten, annähernd constanten Zahl der Kernfadenstücke, ist auch die Zahl der Elemente in der Kernspindel annähernd constant. In dem einfachsten Falle fand ich deren 8 (Alstroemeria), sehr häufig bei Liliaceen 12, auch gegen 24 (Funkia), oder auch sehr viele (über 150 bei Psilotum). In keinem dieser Fälle waren die Elemente (vom Pol aus betrachtet) zu einem Kranze angeordnet, immer hatten einzelne derselben, und zwar in ziemlich constanter Anzahl, eine innere Lage. In grösseren Kernspindeln muss es auffallen, dass diejenigen Spindelfasern, die auf die Kernplattenelemente treffen, sich besonders stark markiren. Oefters scheinen sie die einzig vorhandenen zu sein, in andern Fällen ist die Existenz zarter, zwischen den Kernplattenelementen aus der einen in die andere Spindelhälfte ohne Unterbrechung laufender Spindelfasern sicher zu constatiren. Der von den Spindelfasern eingenommene Raum erscheint stets, schon in Folge mangelnder grösserer, körniger Bildungen, heller. Wie in der Einleitung zu diesem Aufsatz bereits hervorgehoben wurde, sind die Spindelfasern in den Safranin-Nelkenöl-Präparaten nur schwach, ja oft gar nicht zu sehen; sie treten scharf in den Alcohol-Methylgrün- und Essigsäure-Methylgrün-Präparaten hervor.

Die andere Kategorie der Kernspindelbildungen, die uns in den Pollenmutterzellen, beispielsweise oft beim zweiten Theilungsschritt (während der erste dem eben beschriebenen Bildungsmodus folgte) entgegentrat, ist dadurch charakterisirt, dass sich die Windungen des Fadenknäuels in die Formen der Kernspindel vor der Segmentirung legen. Dieser Vorgang trat uns in mehreren Modificationen entgegen, es mögen noch andere sich auffinden lassen.

Im einfachsten Falle strecken sich die Windungen des Fadenknäuels gleich in der, der späteren Kernspindelaxe entsprechenden Richtung. Dabei sind die Windungen nicht eben streng parallel, und

auch nicht alle von völlig gleicher Länge zu denken. Auch brauchen sie in ihrem Verlauf nicht eben gerade zu sein, wenn sie auch hin und wieder jener Anforderung annähernd entsprechen (Fig. 106 für Lilium Martagon, Wandbeleg des Embryosackes). Die Streckung schreitet von den zukünftigen Polen nach dem Aequator zu (Fritillaria imperialis, Endosperm), oder erfolgt ziemlich gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung (Lilium Martagon). Am übersichtlichsten wäre das Bild für den ersten Kern der Pollenmutterzelle von Tradescantia, wenn es sich dauernd fixiren liesse. Hier legen sich die Windungen des einen, relativ sehr dicken, ohne Ende in sich zurücklaufenden Fadens, in parallele Windungen von relativ geringer Höhe, so dass sie zusammen eine Scheibe in der Zelle bilden.

In anderen Fällen (etwa in den Staubfädenhaaren von Tradescantia) legen sich die Windungen des Fadens zunächst diagonal zu der Längsaxe des gestreckten Zellkerns und hierauf erst gehen sie in eine zu dieser Längsaxe annähernd parallele Richtung über. Dem entsprechend sind auch hier die nebeneinander liegenden Windungen von ungleicher Länge.

In noch anderen Fällen legen sich die Windungen zunächst quer zur Längsaxe des Kerns. In den Pollenmutterzellen von Fritillaria persica biegen die Fadenwindungen der Tochterkerne an der Kernwandung scharf um und laufen nun wieder zur entgegengesetzten Wand. Es geschieht das in der Richtung des kleinern Durchmessers der stark abgeflachten Kerne. Betrachtet man die Kerne von der Kante, so sieht man somit die Fadenwindungen in ihrem ganzen Verlauf (Fig. 41, Taf. I), betrachtet man die Kerne von der breiten Fläche (Fig. 42), so sieht man nur die Ansatzstellen der Windungen. Um die zur Längsaxe der zukünftigen Kernspindel parallele Lage zu erlangen, strecken sich hierauf die Windungen in einer zu ihrem früheren Verlauf senkrechten Richtung (Fig. 43—45) und bilden nun zwischen einander greifende Schleifen von ungleicher Länge.

Endlich sind mir auch Fälle vorgekommen (Fritillaria imperialis, Wandbeleg des Embryosackes; Lilium croceum, ebendaselbst), wo die Windungen des Fadens sich quer zur Längsaxe des Fadens legen, eine Längsstreckung der Windungen später aber nicht erfolgt. Die quer gerichteten Windungen sind hier nicht so übereinstimmend orientirt wie im vorhergehenden Falle, sie greifen vielfach durcheinander und das Bild bleibt sich ziemlich gleich, von welcher

Seite man den Kern auch sieht. Der Uebergang zur Kernspindel wird nun dadurch eingeleitet, dass die Windungen einseitig durchbrochen werden. Der Kernfaden zerfällt auf diese Weise in zweischenklige Schleifen. Die Schleifen klappen nun auseinander, indem sich deren beide Schenkel nach den beiden Polen richten. Die Schleifen verschieben sich gleichzeitig gegeneinander und vertheilen sich gleichmässig im Querschnitt. In der Aequatorialebene bleibt eine Falte und in dieser erfolgt alsbald die zweite Segmentirung, nämlich die eines jeden Fadenstückes in zwei auf beide Seiten des Aequators vertheilte Hälften (Fig. 99—105, Taf. II).

Dass übrigens alle diese Vorgänge nur Modificationen eines und desselben Verfahrens sind, zeigt der Umstand, dass sie nebeneinander bei derselben Pflanze vorkommen können. Die Kerne in den Endospermzellen von Fritillaria zeigen eine von den Polen gegen den Aequator fortschreitende Streckung der Windungen; die freien Kerne im Wandbeleg des Embryosackes derselben Pflanze, die einseitige Segmentirung; im Wandbeleg des Embryosackes von Lilium croceum fand ich, je nach den Präparaten, eine longitudinale Streckung des ganzen Fadengerüstes, oder die einseitige Segmentirung.

Alle die geschilderten, auf beide Kategorien der Kernspindeln sich erstreckenden Vorgänge, haben aber das Gemeinsame, dass der Kernfaden sich zunächst in einzelne Stücke trennt und diese hierauf nochmals in je zwei Stücke zerfallen, welche auf beiden Seiten der Kernplatte vertheilt, die Elementepaare derselben bilden.

Doch bleiben wir zunächst noch bei der zu zweit geschilderten Kategorie der Kernspindelbildungen, um hier auf weitere Einzelheiten einzugehen.

Mit beginnender Umlagerung der Fadenwindungen im Kern geht hier die Kernwandung verloren und wandert das Cytoplasma zwischen die Windungen ein. Ist das Fadengerüst fest, so dass die einzelnen Windungen einander hinlänglich stützen, so ist mit dieser Cytoplasma-Einwanderung eine Contraction der Kernfigur nicht verbunden, im umgekehrten Falle findet eine solche statt. Dasselbe Gewebe der nämlichen Pflanze kann hierin Verschiedenheiten bieten, wobei nicht ausgeschlossen, dass in vielen Fällen diese Abweichungen dem verschiedenen Einflusse des fixirenden Mediums zuzuschreiben seien.

Die erste Segmentirung des Fadens erfolgt in den Fällen der

Unterbrechung quer gelagerter Windungen relativ früh, sonst erst wenn die Windungen die der Kernspindel adäquate Lage angenommen haben. Der einseitigen Durchbrechung der queren Windungen im ersten Falle, entspricht die Trennung an den polaren Umbiegungsstellen im zweiten Falle. Die Durchbrechung der äquatorialen Schleifen erfolgt erst später und zwar in der hier in Betracht kommenden Kategorie von Fällen auf annähernd gleichem Entwicklungszustande. Nicht alle einander entsprechenden Segmentirungen im Fadenknäuel brauchen völlig gleichzeitig zu erfolgen: manche gehen voran, andere bleiben ein wenig zurück. — Die äquatorialen Einfaltungen der Fäden werden, falls die Windungen sich zuvor völlig gerade streckten, wieder gebildet. In sehr vielen Fällen kommt es überhaupt nicht erst zu völliger Geradestreckung an dieser Stelle, so dass die äquatorialen Falten schon während der Umlagerung der Windungen zurückbleiben. In allen Fällen sind diese Falten zunächst nicht regelmässig in der Aequatorialebene gelegen und werden dann erst zurechtgerückt. So entsteht die doppelt zusammengesetzte Kernplatte. Sie kann bei gleicher Entwicklung eine sehr verschiedene Höhe haben, je nachdem die polwärts gerichteten Schenkel länger oder kürzer sind. Sehr oft ziehen sich die Fäden, nachdem die Schleifen unterbrochen wurden, noch sehr stark auf den Aequator zurück. Auch können die sonst polwärts gerichteten Schenkel sich nach aussen legen. Andererseits findet man Kernplatten mit fast vollständig fehlender hakenförmiger Umbiegung der Elemente im Aequator. Sehr selten sind bei Pflanzen Kernplatten, deren Elemente zwei gleich lange Schenkel haben, und auch da lässt sich, von der Lage vereinzelter Elemente abgesehen, der eine Schenkel als polarer, der andre als äquatorialer bezeichnen. Die gegenüberliegenden Elemente treffen bei starker äquatorialer Umbiegung nur unvollkommen auf einander. Ihr Zusammentreffen ist um so auffallender, je kürzer die äquatoriale Umbiegung. Die Zahl der Elemente war, so weit abzählbar, in beiden Kernplattenhälften stets gleich.

Erst wenn die Schleifen der Kernfigur sich an den Polen zu öffnen beginnen, respective wenn die Schenkel der in querer Lage segmentirten Schleifen in polare Richtung gelangen, werden die Spindelfasern aus dem zuvor schon eingedrungenen Cytoplasma gebildet. In den Kernspindeln erster Kategorie treten die Spindelfasern relativ früher auf, entsprechend der Nothwendigkeit, die

Stücke des frühzeitig segmentirten Fadens in die richtige Lage zu bringen. Die Spindelfasern sind in Kernspindeln mit sehr langen polaren Schenkeln kaum sichtbar, was sich daraus erklärt, dass es gerade die stark markirten Spindelfasern sind, welche an die Kernplattenelemente ansetzen. Reichen die Kernplattenelemente somit bis an die Spindelpole, so werden eben die deutlichsten Spindelfasern verdeckt. Dieselben kommen aber zum Vorschein überall, wo die Elemente der Kernplatte die Pole nicht erreichen. Neben einander liegende Kernspindeln können, je nach der Länge der Kerplattenelemente, in dieser Beziehung verschiedene Bilder gewähren.

Polkörperchen an den Polenden der Spindelfasern sind mir kaum bei Pflanzen in charakteristischer Entwicklung begegnet; doch finde ich hin und wieder das Ende der Spindel durch besondere Lichtbrechung markirt, wenn nämlich die Spindel stark zugespitzt ist, die Spindelfasern an den Polen scharf zusammentreffen.

Zu der Bezeichnung „Kernplatte" sei hier eine Bemerkung eingeschaltet. Ich habe den Namen im Jahre 1875 [1]) eingeführt und halte an demselben auch weiter fest. Ich thue dies nicht etwa einer von mir gewählten Bezeichnung zu liebe, vielmehr nur, indem ich den allgemeinen Gesetzen der Nomenclatur folge, welche aussagen, dass einem älteren Namen stets der Vorzug gebührt, es sei denn, dass derselbe schlecht gebildet sei oder Veranlassung zu Irrthümern, Zweideutigkeiten oder Verwirrung gäbe. Gegen „Platte" ist nun in der That einzuwenden, dass sie die Vorstellung eines einfachen, planen, zusammenhängenden Dinges erweckt und somit auf das vorliegende Object nicht passe; allein ich möchte wissen, welcher andere bessere Ausdruck zu wählen sei, der die ganze Eigenart der Erscheinung in sich fassen könnte. Für alle Fälle ist die in der thierischen Histologie sich verbreitende Bezeichnung „Aequatorialplatte" in keiner Weise besser, denn sie ist ja auch aus dem Substantiv „Platte" gebildet und verliert durch Zusatz des Attributs „äquatorial" nur an Charakter. Denn die Zellplatte ist in demselben Sinne eine äquatoriale Platte wie die Kernplatte und somit führt die Bezeichnung „Aequatorialplatte" nur zu Verwechselungen. Freilich hat die thierische Histologie mit Zellplatten

1) Zellbildung und Zelltheilung I. Aufl. p. 30.

meist nichts zu schaffen, doch müssten hier die botanischen Interessen, bei dem vorhandenen Streben nach einer einheitlichen Behandlung der Zellenlehre in beiden Reichen, Berücksichtigung finden.

Ich musste naturgemäss an dieser Stelle die Schilderung der Pflanzen wieder unterbrechen, um die entsprechenden Vorgänge des Thierreichs einzuschalten, doch greift bei Flemming die Beschreibung der verflossenen und der kommenden Vorgänge so in einander, dass eine richtige Würdigung seiner Angaben erst von einem späteren Standpunkte aus möglich werden wird. Daher ich mich entschliesse, in meiner Uebersicht zunächst mit Pflanzen fortzufahren.

Es sind auf verschiedenen Wegen die Entwicklungsvorgänge im Zellkern bis zur Bildung der Kernspindel fortgeschritten, deren Kernplatte aus doppelt zusammengesetzten Elementen besteht. Die gegenüberliegenden Elemente fanden wir bei scheinbar körnigen Platten besonders genau aufeinander treffend und an einander fast ihrer ganzen Länge nach haftend. Ein genaues Aufeinandertreffen zeigten auch langgezogene Kernplattenelemente mit kurzer äquatorialer Umbiegung; wenig genau entsprachen sich die Elemente mit verlängerten äquatorialen Schenkeln. Der nächste Vorgang, den ich bereits den Theilungsstadien der Kernspindel zuzähle, beruht auf einer Umbiegung[1]) der Kernplattenelemente. Der Vorgang spielt sich im Wesentlichen in zwei Modificationen ab, deren Eintreffen vielfach in Beziehung zu der Länge der polaren Schenkel der Kernplattenelemente steht.

Bei relativ kurzen Elementen pflegt sich jetzt nämlich das polare Ende zu krümmen, während das äquatoriale sich gleichzeitig gerade streckt. Das U- bis J-förmige Element geht hierbei durch S- oder C-förmige Gestalt in ein umgekehrtes Ո oder ſ über In manchen Fällen kann die polare Krümmung sehr schwach sein, das Element fast stäbchenförmig erscheinen (zweiter Theilungsschritt in den Pollenmutterzellen von Fritillaria persica). Besonders stark ist die auszuführende Bewegung, wenn die polwärts gerichteten Schenkel sehr kurz oder fast null waren, wie in den aus scheinbar einfachen Körnern gebildeten Kernplatten (erster Theilungsschritt von Fritillaria persica, Fig. 26—30).

Der zweite Umbiegungsmodus, der, wie gesagt, vorwiegend

1) Im Sinne von Andersbiegung.

die Kernplattenelemente mit sehr langen polaren Schenkeln trifft, beruht darauf, dass die geschilderte Umbiegung nicht sofort das polare Ende der Schenkel ergreift, vielmehr dicht am Aequator stattfindet und nun gleichsam wie eine Welle an dem Schenkel fortschreitet, bis dass sie dessen polares Ende erreicht. Das Resultat ist das nämliche und gibt schliesslich auch umgekehrte Π- oder ſ-förmige Elemente, nur die Zwischenstadien sehen anders aus, etwa in dieser Weise: ⊂. Da die Umbiegung ziemlich gleichmässig an den sämmtlichen polwärts gerichteten Schenkeln fortschreitet, so erscheint sie, in der sich theilenden Kernspindel, als eine dem Pol sich nähernde dunkle Ebene. (Vgl. die entsprechenden Zustände, Bilder für das Endosperm von Fritillaria imperialis, Fig. 87 und ff. Taf. II, von Lilium croceum Fig. 114 und 115 Taf. II, für den Wandbeleg des Embryosackes von Galanthus nivalis Fig. 130—132 Taf. II u. dergl. m.)

Gerade die Beispiele letzterer Art, wo die Krümmungsbewegung an den Kernplattenelementen polwärts fortschreitet, zeigen auf das Bestimmteste, dass es sich hierbei nicht etwa um ein Umklappen des ganzen Elementes, wobei dies seine ursprüngliche Krümmung beibehalten hätte, handelt, vielmehr um eine mit Gestaltsveränderung verbundene Bewegung desselben. Diese Bewegung ist sicher eine active, doch dürfte sie von den Spindelfasern geleitet werden, damit sie innerhalb bestimmter Bahnen erfolge. Die durch die Krümmung bestimmte Form der Elemente ist in allen Fällen vor und nach erfolgter Bewegung eine andere. Selbst wo die Elemente das polare Ende sofort krümmen, während sie das äquatoriale gerade strecken, kann diese Gestaltsänderung sehr auffallend sein. So z. B. in den Spindeln des ersten Theilungsschrittes der Pollenmutterzellen von Fritillaria persica, wo die polaren Schenkel sehr kurz und dünn, die äquatorialen länger und sehr massig sind, beide einen scharfen Winkel miteinander bilden, nach dem Umbiegen aber die regelrechte Gestalt eines Π besitzen.

Beim Umbiegen der Kernplattenelemente ist ein Augenblick gegeben, wo die sich aufrichtenden, d. h. senkrecht gegen die Aequatorialebene stellenden äquatorialen Enden der gegenüberliegenden Elemente auf einander treffen. Es ist als wenn sie in diesem Vorgang des Umbiegens eine Stütze an einander fänden. So bilden sich die Zustände aus, die in ihrer Gestalt an eine Tonne erinnern (Fig. 26—28 Taf. I, 89, 116 Taf. II, u. a.).

Diese Zustände dauern nicht lange, meist so kurze Zeit, dass sie nur ausnahmsweise fixirt vorliegen. Ich rechne sie wie gesagt zu den Stadien des Auseinanderweichens und kann daher die Bezeichnung der ruhenden Kernplatte auf sie nicht ausdehnen. Sie sind bereits getheilte Kernplatten. Auf dem Stadium der Kernplatte pflegt aber bei Pflanzen ein gewisses Ruhestadium durchgemacht zu werden; man findet die Kernplatte daher sehr oft fixirt.

Hier angelangt, können wir wieder die Vorgänge aus thierischen Zellen in Vergleich ziehen.

Bei Salamandra findet nach Flemming[1]) die erste sichtbare Unterbrechung in dem Fadenknäuel oft schon auf Stadien statt, die nach pflanzlichen Begriffen als sehr jung zu bezeichnen wären. Der Fadenknäuel ist noch in gleichmässige Windungen gelegt. Der Zustand würde somit demjenigen entsprechen, auf welchem in den primären Kernen vieler Pollenmutterzellen die Trennung in die einzelnen sich an der Kernwandung vertheilenden Fadenstücke erfolgt. Die Segmentirung bei Salamandra kann aber nach Flemming auch später, so erst in der „Kranz- und Sternphase" erfolgen und ist an einen ganz bestimmten Zeitpunkt der „Karyokinese" nicht gebunden. „Die richtenden Kräfte", meint Flemming, „welche das Fadengebilde in die Kranzform und weiter in die regelmässigere Sternform bringen, beginnen im einen Falle auf den Knäuel schon zu wirken, ehe er in gleiche Segmente zerfallen war, im andern Falle auch erst dann, wenn dies schon geschehen ist". — Wie aus obigem bereits folgt, soll bei Salamandra aus dem „feinfadigen Korbgerüste mit enggewundenen Fäden" zunächst die „lockere Knäuelform" hervorgehen, aus dieser die Kranz- und Sternform sich ausbilden. „Als die zusammensetzenden Elemente der Sternform zeigen sich Fadenschleifen, genau oder nahezu in der Mitte ihrer Länge geknickt oder auch sanfter gebogen. Diese Schleifen können, bevor es zur eigentlichen Radiärform kommt, oft sehr wirr durcheinander oder auseinandergerückt liegen." Dies zeigen die Flemming'schen Figuren 5—8 Taf. I und 35a und b Taf. III (Theil II). Man beobachtet Anordnungen (Fig. 6 u. 7 Taf. I l. c.) „wo die Schleifen, in zwei ziemlich gleichen Portionen, nach den Polen zu fast von einander abrücken, so dass man denken könnte, sie wollten sich jetzt schon zu Toehterkernen sondern, ohne

1) Theil II, p. 193.

sich vorher zur Aequatorialplatte gruppirt zu haben"; doch weiss Flemming von lebenden Objecten her, dass eine solche directe Trennung nie geschieht, sondern dass die Fäden sich stets vorher wieder im Aequator zusammenfinden. Die Centralattraction kann in ihrer Stärke längere Zeit schwanken und zeitweise ganz erlahmen, endlich aber überwiegt sie doch, „auch die letzten ungehorsamen Fadenschleifen werden einrangirt und die Sternform ist fertig, nach dem einfachen Schema: Winkel der Schleifen nach dem Centrum, Enden der Schenkel nach der Peripherie" [1]). Die centralen Umbiegungen der Schleifen trennen sich nicht. Die Schleifen haben nahezu gleiche Länge. Schon im lockeren Knäuelstadium, oder in der Kranzform, oder wie gewöhnlich erst in der Sternform findet nach Flemming eine Längsspaltung der Fäden statt [2]) und zwar gleichzeitig in der ganzen Figur. Die Erscheinung selbst ist Flemming räthselhaft geblieben. Er hat sie bei den Theilungen der Epithelien, Bindesubstanzzellen, Muskelzellen, rothen Blutscheiben und Knorpelzellen von Salamandra als constantes Phänomen beobachtet. Auch findet er die Fadenstücke der „Aequatorialplatten", der „Kerntonnen" und der Anfangsphasen der Tochterkerne von halber Dicke und von doppelter Zahl, wie am dickstrahligen Mutterstern, was für die „Natürlichkeit" der Doppelfäden, dass sie nämlich nicht durch Reagentien erzeugte Kunstproducte seien, spricht. — Auch Pfitzner hat die Doppelfäden gesehen und ihre Structur noch näher beschrieben [3]). Er fand in einigen dickstrahligen Fadenfiguren den Faden nicht mehr aus einer einfachen, sondern aus einer doppelten Körnchenreihe gebildet. Der Längsspaltung der Kernfäden gehe somit eine Theilung der „Chromatinkugeln" in zwei voraus. Jedes „Molekül" zerfällt so in zwei. Diese Beobachtung scheint ihm von grosser Wichtigkeit zu sein und einen bessern Einblick in die Mechanik des ganzen Kerntheilungsprocesses zu versprechen, denn sie lehrt, dass sich der ganze Vorgang der Zelltheilung unter fadenförmiger Differenzirung des Kerns, in letzter Instanz in den Chromatinkugeln abspielt. Die „Aequatorialplatte" geht nach Flemming [4])

1) Theil II, p. 202.
2) Ebendas. p. 213.
3) Morph. Jahrbuch Bd. VII, p. 295.
4) Theil II, p. 205.

aus der Sternform, durch Umordnung der Fadenschleifen hervor. Der Stern soll in zwei Hälften auseinanderklappen. Flemming denkt sich in der Sternform einen als Krafteentrum wirkenden Punkt, der die Eigenschaft haben soll, die Winkeltheile der Fäden anzuziehen, die freien Schenkelenden abzustossen. Dieses Centrum würde sich hierauf in zwei theilen und diese nach den Polen auseinanderrücken. Ein jedes zieht die Umbiegungswinkel, die ihm zunächst liegen, mit sich, und es entstehen so die zwei Hälften des Sterns, in denen die Fadenschleifen nach dem Typus liegen: Winkel nach dem Pol, Schenkelenden nach dem Aequator. So bilden sich flache oder glockenförmige Tochtersterne, zwei, in welchen dieselbe Anordnung herrscht wie vorher im Mutterstern: Winkel central, Schenkelenden peripher [1]). Die Stadien, die zwischen diesen beiden Endzuständen liegen, sind nun die [2]), dass die Schenkel der Fadenschleifen zunächst gegen die Aequatorialebene neigen, dann diese Neigung über die Parallelebene des Aequators hinüberschlägt und so die eigentliche Aequatorialplatte entsteht. Die Schleifen sind bereits umgeklappt, aber sie liegen bis jetzt noch schwach geneigt gegen die Aequatorialebene, daher die stark abgeplattete Form dieser Kernfigur. Mehr und mehr werden dann die Winkel polwärts abgerückt, die Schenkel stellen sich immer steiler gegen den Aequator, bis endlich die tonnenartigen Formen erreicht sind. In den letzteren Stadien (oder auch schon vorher) kann es zur Berührung und Verschmelzung von Schenkelenden kommen, die sich bei der folgenden Entfernung der Tochterkernfiguren wieder trennen [3]).

Es gelang Flemming, im Stadium der „Aequatorialplatte" vielfach bei Salamandra die „achromatischen Fäden" aufzufinden [4]). Am besten sah er sie vom Pol aus auf dem Stadium der Kranzform, welche ein grösseres freies Mittelfeld zeigt. In jedem Pol, wo die achromatischen Fäden zusammentreffen, sieht man ein mattglänzendes Körperchen, welches an guten Safraninpräparaten, gleich den blassen Spindelfäden selbst, fast keine Spur von Färbung zeigt: offenbar das Aequivalent der Polarkörperchen, welche Fol an Eizellen bekannt machte. Die Umbiegungswinkel der Faden-

1) Ebendas. p. 206.

2) Ebendas. p. 208.

3) Man vergleiche l. c. hierzu die Holzschnitte.

4) Theil III, p. 48.

schleifen, welche die kranz- oder sternförmige chromatische Figur zusammensetzen, „liegen vielfach deutlich in Berührung mit je einem der achromatischen Fäden". „Es würde sich danach ergeben, dass der Winkel der chromatischen Schleife von dem entsprechenden achromatischen Faden attrahirt wird und dass die Schleifen später, bei der Trennung der Mutterfigur, sich an den blassen Fäden entlanggleitend, in zwei Gruppen auseinanderordnen."

Flemming hat wiederholt, so auch in seinem letzten Aufsatze[1]), zu zeigen gesucht, dass die Differenzirungsvorgänge, welche die Kerntheilung einleiten und begleiten, überall im wesentlichen gleichartig sind und sich auf das von ihm aufgestellte Salamandra-Schema zurückführen lassen. Für die Gleichartigkeit der Vorgänge war auch ich von jeher eingetreten, doch stellte ich in Abrede, dass sie auf dem Flemming'schen Schema basire. In der That mussten zahlreiche an Pflanzen gewonnene Erfahrungen mich an der Annahme dieses Schema hindern. Flemming suchte nun seine Auffassung durch Untersuchung anderer, selbst pflanzlicher Objecte zu stützen, doch gab er nicht abgeschlossene Entwicklungsreihen von denselben, begnügte sich vielmehr damit, Entwicklungszustände aufzusuchen, die ihm übereinstimmend mit seinem Salamandra-Schema schienen. Nach diesem Schema werden die Bilder dann auch nach Bedürfniss zurechtgedeutet. So findet Flemming in den Eizellen von Toxopneustes zwar, dass auf dem Stadium der „abgeflachten Sternform und Aequatorialplatte", bei Polansichten, auch in der Mitte der „chromatischen Figur" Schleifen zu sehen sind, doch „bliebe es sehr wohl möglich, dass in natura diese Mitte nur durch das achromatische Fadenbündel eingenommen war und die chromatischen Schleifen um dieses gruppirt waren", so dass die Anordnung ganz der entspräche, welche Figuren von Salamandra auf gleichen Entwicklungszuständen von der Polseite zeigen[2]).

Trotz der Behauptungen von Flemming, dass Alles mit seinem Salamandra-Schema übereinstimme, wird man wohl gefunden haben, wie wenig dieses zu meinen in dieser Arbeit gegebenen Schilderungen passt. Ja der letztere Umstand veranlasste mich sogar, die Untersuchung von Salamandra selbst vorzunehmen, um die verloren gehenden Uebereinstimmungen eventuell wieder zu fassen.

1) Theil III, p. 63 u. a. m.

2) Theil III, p. 24.

Auf das Stadium meiner Figur 183 Taf. III, welche zahlreichen ähnlichen von Flemming entspricht, folgt die Segmentirung des Kernfadens. Meine diesbezüglichen Figuren 184 und 185 weichen von den Flemming'schen nicht ab. Die Fäden werden nach der Trennung noch etwas kürzer und dicker. Ihre wellenförmige Schlängelung gleicht sich allmählich aus. Die Fadenstücke erscheinen S-förmig, dann schleifenförmig gekrümmt (Fig. 185 u. 186); sie berühren alle mit irgend einer Stelle die zarte Kernwandung und finden an ihr sicher ihre Stütze. Hierauf werden allmählich die polaren Enden des Zellkerns frei, die Fadenschleifen ziehen sich nach der Aequatorialebene. So kommt das Stadium zu Stande, das Flemming als Kranzform bezeichnet. Meiner Figur 187 entspricht wohl am besten die Figur 6 Tafel XVII (Theil I) von Flemming. Jeder Faden beschreibt eine mehr oder weniger regelmässige doppelte Schleife, die so orientirt ist, dass zwei Umbiegungsstellen nach innen, eine nach aussen gekehrt erscheinen. Die beiden Schleifen eines jeden Fadens liegen nicht in gleicher, vielmehr in verschiedener Höhe, so zwar, dass die beiden Schleifen auf die beiden Kernhälften vertheilt sind. Fig. 187 soll dieses vergegenwärtigen, wobei ich auf die Schwierigkeiten hinweise, welche der Darstellung einer solchen Figur entgegenstehen. Die angeführte bringt auch nur die dem Beobachter zugekehrten Fadenstücke vollständig, deren unteren Anschlüsse aber so weit nur, als sie nicht unter den halben Querschnitt des Zellkerns reichen. Auch soll von den geschilderten Doppelschleifen nicht eine grössere Gesetzmässigkeit erwartet werden, als sie eben solchen Objecten eigen ist. Die Schenkel der Schleifen divergiren stark, oder sind auch einander genähert; sie greifen in benachbarte Schleifen hinein, oder bilden auch wohl in sich zurücklaufende Schlingen. Die Mitte der Figur bleibt in den typischen Formen, wie Flemming richtig angiebt, von den Schlingen frei; der Vergleich der ganzen Figur mit einem Kranze ist daher zutreffend. Zu dieser Figur gehören als Seitenansichten die Figuren 188 und 189, nach denen ich vergebens bei Flemming suche. Es ist hier zwar nicht eben leicht, den Verlauf der einzelnen Fäden zu verfolgen, doch immerhin den Zusammenhang einzelner Doppelschleifen, sowie deren Vertheilung auf beide Kernhälften zu constatiren. Diesen Figuren würden solche bei Pflanzen entsprechen, in welchen die Windungen des

Fadenknäuels parallel zu einander und der Längsaxe des Zellkerns gestellt, die polaren Schleifen geöffnet sind, die äquatorialen Unterbrechungen aber noch nicht erfolgten. Salamandra würde fast, in dieser Beziehung, die Mitte zwischen denjenigen Fällen bei Pflanzen halten, wo der Kernfaden frühzeitig in Stücke zerfällt, letztere aber erst mit Bildung der Spindelfasern eingeordnet werden und denjenigen, wo die Einordnung frühzeitig erfolgt aber die Trennung in Stücke unterblieb: also etwa zwischen den Vorgängen, die sich bei dem ersten und denjenigen die sich bei dem zweiten Theilungsschritt in den Pollenmutterzellen von Fritillaria persica abspielen. Bei Salamandra ist eben ein frühzeitiger Zerfall in Stücke und doch zugleich auch eine bestimmte Anordnung der einzelnen Fadenstücke noch vor Auftreten der Spindelfasern gegeben.

Auf dem nächstfolgenden Entwicklungszustande werden die nach aussen gekehrten Umbiegungen der Schleifen geöffnet. Daher die Angabe von Flemming, dass „die Zerlegung des continuirlichen Fadenknäuels in einzelne Fadenstücke an keinen ganz bestimmten Zeitpunkt der Karyokinese gebunden ist“ und sich bis in die Kranz- und Sternphasen verzögern kann[1]). Thatsächlich bringt hier aber Flemming zwei verschiedene Vorgänge zusammen. Die Segmentirung erfolgt eben in zwei getrennten Schritten. Bei dem ersten zerfällt der Kernfaden in die einzelnen Stücke, bei dem zweiten zerfällt jedes dieser Stücke in zwei Hälften. Dieser zweite Schritt entspricht der Unterbrechung, welche bei Pflanzen die äquatorialen Schleifen erfahren. Auch bei Pflanzen können ja beide Vorgänge weit auseinanderliegen und zwar thatsächlich gerade auch dort, wo der Kernfaden frühzeitig segmentirt wird. Meine Figuren 190 und 191 führen den Augenblick vor, wo die Halbirung der Schleifen erfolgt, zum Theil berühren sich noch die Schenkelenden an den Theilungsstellen. Mit diesem Vorgang zugleich ist aber noch Weiteres zu constatiren. Die Grenze gegen das umgebende Cytoplasma wird jetzt nämlich aufgegeben und letzteres wandert zwischen die Fadenwindungen ein. Das muss freilich an Hämatoxylin-Präparaten studirt werden, wo das Plasma mit gefärbt erscheint; an Safranin-Nelkenöl-Präparaten ist kaum etwas von diesem Vorgang zu sehen. Das umgebende Cytoplasma

1) Theil II, p. 199.

dringt hier aber nicht in die Kernhöhle in gleicher Menge wie bei Pflanzen ein. Vielmehr bleibt die Kernhöhle, wenn auch ohne scharfe Abgrenzung, dauernd unterscheidbar; das Cytoplasma bildet nur ein lockeres Gerüst in derselben. Aus diesem eingedrungenen Cytoplasma entstehen die Spindelfasern. Daran ist wohl, im Hinblick auf die Vorgänge im Pflanzenreich, nicht zu zweifeln, wenn auch hier, wegen der geringen Mengen des eindringenden Cytoplasma, der entsprechende Nachweis nicht zu führen ist. Auf Stadien, wie diejenigen unserer Figur 190, sind die Spindelfasern schon ausgebildet. Man sieht auch das von Flemming geschilderte Polkörperchen und kann wohl auch mit Flemming constatiren, dass die Spindelfasern auf die Umbiegungsstellen der Schleifen treffen. (Vergl. hierzu auch das Bild Fig. 3, Taf. III, Theil III bei Flemming.) In niedrigen Zellen sind die Kränze sehr stark von den Polen her abgeflacht, die Windungen der Schleifen fast in derselben Ebene ausgebreitet. Ist eine solche flache Zelle einseitig in Richtung der Aequatorialebene gestreckt, so wird der Kranz entsprechend gedehnt. Die Elemente desselben sind aus dem schmalen Theile gegen die Brennpunkte des elliptischen Querschnittes verdrängt. Der freie Raum im Innern des Kranzes wird enger, kann auch ganz schwinden durch das Zusammenrücken der, in Richtung des engsten Durchmessers der Zelle gelegenen Schleifen; die letzteren, oder einzelne Schenkel derselben werden aufwärts gerichtet und erscheinen in der Verkürzung (Fig. 192). In solchen Fällen ist auch nicht selten zu beobachten, dass die Trennung, der in Richtung des kleinsten Durchmessers gelegenen, äusseren Umbiegung der Schleifen zuletzt erfolgt, so in dem von Flemming Fig. 11, Taf. XVII (Theil I) dargestellten Falle. Flemming hat solche Polansichten abgeflachter und gestreckter Kränze stets für Aequatorialansichten gehalten. Das Bild wird dann als diastolitischer Stern der Seitenansicht gegenübergestellt und letztere als systolitischer Stern bezeichnet. In der citirten Figur 11 (Taf. XVII l. c.) soll bereits eine dicentrische Gruppirung schon jetzt in der Sternfigur walten und die peripherischen Strahlenenden sich nach den Theilungspolen legen[1]). Es ist das die Verschiebung der Schleifen nach den beiden Brennpunkten der Ellipse, der ich bereits erwähnte.

---

1) Theil I, p. 378.

In dem Stadium der Kranzform pflegt man vornehmlich der Zusammensetzung der Fäden aus zwei Längsreihen von Nucleo-Mikrosomen zu begegnen. Ich habe dieses Verhalten in Fig. 192 darzustellen gesucht. Die Fadenstücke erscheinen dann flach und breit. Die Mikrosomen sind allein tingirt und beide Längsreihen deutlich von einander durch farbloses Nucleo-Hyaloplasma getrennt. Instructiv sind die Scheitelansichten derjenigen Schlauchenden, die aufwärts gerichtet sind (Fig. 192 rechts). Man sieht die beiden obersten Mikrosomen als stark lichtbrechende Kügelchen. Flemming[1]) hält diese „Längsspaltung" für ein constantes Phänomen der Kerntheilung; da er sie aber in Hodenzellen nicht finden konnte, so stellt er die zwei Möglichkeiten auf: „entweder, die Fadenspaltung kommt überhaupt nicht bei allen Zellenarten vor, oder sie ist bei Objecten, wie den Hodenzellen, ein wenig augenfälliger und sehr rasch vorübergehender Process, dergestalt, dass die Fadenhälften sich kaum von einander entfernen und im Stadium der Kerntonne meist schon wieder mit einander verschmolzen sind". Flemming[2]) und Pfitzner sind der Meinung, dass eine Längsspaltung der Fäden, d. h. eine Trennung derselben in zwei entsprechend dünnere, auf diesem Wege wirklich erfolgt. Soweit nun meine Erfahrungen, welche freilich für die definitive Entscheidung dieser Frage zahlreicher sein müssten, reichen, ist die Zusammensetzung der Fäden aus einer doppelten Reihe von Nucleo-Mikrosomen als eine constante Erscheinung nicht aufzufassen. Ich finde dieselbe nur in relativ grossen, locker gebauten Kernen, in abgeflachten Zellen. Es könnte somit sein, dass diese Eigenschaften des Kernes und der Zelle eine Abflachung der Fäden, wie sie thatsächlich vorliegt, veranlassen und dass diese Abflachung des Fadens eine Zweitheilung der Mikrosomen in der Ebene der Abflachung nach sich zieht. Thatsächlich trifft man die beiden Mikrosomenreihen am deutlichsten in stark abgeflachten Kränzen ausgeprägt, die Kernfäden hier dem entsprechend bandartig. Durchaus muss ich aber in Abrede stellen, dass diese Theilung der Mikrosomen und Abflachung des Fadens zu einer wirklichen Zweitheilung desselben führe. Wenn Flemming bemerkt[4]), dass in

1) Theil II, p. 212.

2) Ebendas.

3) l. c. p. 195.

4) Theil II, p. 212.

den „Aequatorialplatten“ der „Kerntonnen“ und den Anfangsphasen der Tochterkerne die Fäden in halber Dicke und doppelter Zahl wie am „diekstrahligen Mutterstern“ gefunden werden, so hängt dies damit zusammen, dass in den auf die Kranzform folgenden Stadien die Kernfäden wieder schmäler werden, ihr Durchschnitt elliptisch bis kreisförmig wird und dass sich die Fadenstücke in der Kranzform in halber Länge theilen und daher ihre Zahl sich verdoppeln muss. Mit $^1/_{18}$ Zeiss für homogene Immersion kann ich in den anschliessenden Stadien die zwei Mikrosomenreihen in dem schmäler gewordenen Faden noch lange unterscheiden; schliesslich dürften die gegenüberliegenden Mikrosomen wieder mit einander vollständig verschmelzen.

Wie bereits bemerkt wurde, treten die Spindelfasern schon in den Kränzen auf, sobald die äusseren Schleifen derselben sich öffneten. Jetzt werden die isolirten Schleifen zur Kernplatte angeordnet. Sie haben ihre Umbiegungsstellen der Aequatorialebene zuzuwenden. Annähernd kommt ihnen diese Lage bereits in der Kranzform zu, so dass sie nach erfolgter Halbirung leicht in die richtige Stellung gelangen können. Immerhin haben manche Umordnungen noch zu erfolgen, die Schleifen auch wohl die richtige Biegung zu erhalten. Dabei gerathen einzelne, selbst zahlreiche Schleifen öfters aus der Aequatorialebene heraus. In dieser letzten Beziehung erinnern die Bilder an jene des ersten Theilungsschrittes in den Pollenmutterzellen von Fritillaria persica (Fig. 15—19, Taf. I). Hier wie dort handelt es sich um getrennte Fadenstücke (dort um Fadenstück-Paare), welche daher auch leicht aus ihrer Bahn gerathen können. Bei Salamandra ist eine Veranlassung zu solchen Abweichungen besonders in stark abgeflachten Zellen gegeben, in welchen die Elemente senkrecht zu der Richtung der Abflachung auseinandergetrieben werden. Die Schleifen können sich so weit trennen, dass sie zwei isolirte Gruppen bilden. Ein solches Bild in äquatorialer Ansicht wird beispielsweise durch meine Fig. 197 vorgeführt. Sie ist einem Safranin-Präparat entnommen und daher von den Spindelfasern nichts zu sehen. Dass es sich aber um eine äquatoriale Ansicht des geschilderten Zustandes handelt, zeigt der Vergleich entsprechender Bilder an Hämatoxylin-Präparaten (etwa Fig. 193), wo die deutlich sichtbaren Spindelfasern die Orientirung erleichtern. Daher auch die Bilder bei Flemming, Theil II, Fig. 6, 7

und 8, Taf. VII, nicht polare, sondern äquatoriale Ansichten sind; auch nicht Zustände, welche der Kranzform vorausgehen, vielmehr solche, welche ihr folgen. Flemming giebt an, wie hier die Schleifen in zwei ziemlich gleichen Portionen „nach den Polen zu fast von einander abrücken“ [1]), während die Pole in seiner Figur gerade in entgegengesetzter Richtung lagen, an den Enden der auf diesen Zuständen schon vorhandenen Spindelfasern. Auf die richtige Würdigung dieses Entwicklungszustandes hätten Flemming die von ihm gezeichneten kurzen, einfachen Schleifen schon führen sollen. Wie stark die Schleifen auf diesem Entwicklungszustand auseinander getrieben werden können, zeigt meine Fig. 196. Man würde hier fast meinen, die Spindel sei parallel, nicht senkrecht, zu der Kranzform gebildet worden, allein die Art, wie die Elemente vertheilt sind, hindert an einer solchen Deutung. Manche Schleifen sind jedenfalls unter Druck ganz ausgestreckt worden und laufen als einfacher Faden durch das Bild, eine Erscheinung, die für die Kranzform ganz unerhört wäre. Ueberhaupt war in allen Fällen, wo die Beobachtung sichere Schlüsse zuliess, zu constatiren, dass die Spindelfasern nicht anders als senkrecht zu der Kranzform auftreten und dass die, von den Schleifen der Kranzform, freigelassenen Enden der Kernhöhle wirklich die späteren Polenden sind. Da eine richtige Darstellung der Aequatorialansicht einer Kernspindel von Salamandra bei Flemming nicht vorliegt, solche Bilder aber für die Vergleichung mit pflanzlichen Kernspindeln von Wichtigkeit sind, so führe ich hier eine grössere Zahl derselben auf (Fig. 193—207). Diese Bilder sollen gleichzeitig zeigen, wie verbreitet der betreffende Entwicklungszustand in den Präparaten ist. Die Figuren sind theils nach Safranin-Nelkenöl-Präparaten, dann ohne Spindelfasern, theils nach einem Hämatoxylin-Präparate, dann mit Spindelfasern, dargestellt. In einer Anzahl dieser Bilder sind nicht alle Schleifen in die Kernplatte eingeordnet (so in Fig. 193—196); in einer Anzahl anderer ist die Einordnung vollzogen. Die Kernplatte ist durch Druck zweiseitig (Fig. 197, 198, 202, 204, 206), oder auch regelmässig (Fig. 199, 200, 201, 205, 207), entwickelt. In Fig. 203 habe ich endlich auch die Polaransicht einer Kernplatte gegeben.

Eine typisch entwickelte Kernspindel zeigt die Schenkel der Schleifen in der Kernplatte stark nach aussen gebogen. Das Bild

1) Theil II, p. 201.

(Fig. 206) enspricht ziemlich genau demjenigen der Kernspindeln in den Pollenmutterzellen von Lilium candidum (Taf. I, Fig. 53). Doch sind bei Salamandra die beiden Schenkel jeder Schleife fast gleich lang und beide meistens emporgehoben. Immerhin sind auch Schleifen mit einem kürzeren Schenkel sehr verbreitet und auch solche, deren einer Schenkel stärker von der Aequatorialebene absteht. Doch selbst auch da, wo beide Schenkel gleich lang und scheinbar gleichmässig gehoben sind, glaube ich, dass zwischen einem polaren und einem äquatorialen Schenkel, so wie bei Pflanzen, unterschieden werden muss. In der Richtung der Spindelaxe langgezogene, sehr schmale Zellen haben wohl auch eine Kernplatte mit stark polwärts gerichteten polaren Schenkeln (Fig. 201), ganz so wie viele pflanzliche Zellen, aufzuweisen. Flemming hat in der Kranzform, (nach erfolgter Halbirung der Fäden, wie ich aus den Figuren entnehme), in drei Fällen je 24 Schleifen gezählt[1]); je zwölf würden darnach einer Kernplattenhälfte angehören, was mit meinen Beobachtungen übereinstimmt. Die Constanz der Zahlen ist dieselbe wie im Pflanzenreich. Die Elemente der Kernplatte treffen wenig genau aufeinander, bilden immerhin Paare. Eine Polaransicht der Kernplatte lehrt, dass die Mitte nicht mehr frei von Elementen ist, nicht anders als bei pflanzlichen Objecten. Die Spindelfasern treten bei Hämatoxylin-Färbung deutlich hervor. Sie stossen an den Polen scharf zusammen und aus ihren verschmolzenen Enden entsteht das Polkörperchen. Jede Spindel zeigt, an dem mir zur Verfügung stehenden Präparat, ausserdem zwei kleine, doch sehr leicht sichtbare Sonnen. Diese beruhen auf einer radialen, gegen das Polkörperchen gerichteten Stellung der ausstossenden Cytoplasmafäden. Genannte Fäden haben nicht andere Natur als wie die Spindelfasern, nur führen sie grössere Mikrosomen.

Fol[2]) hat dieselbe Ansicht über die Natur der Radien in den Astern der Kernspindel thierischer Eier. Er bezeichnet sie als Protoplasmafäden. So auch Mayzel[3]) und Flemming[4]). In

1) Theil III, p. 52.

2) Recherches sur la Féeondation etc. Mém. de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. Tome XXVI. 1879; an verschiedenen Orten.

3) Gazeta lekarska 1879, Nr. 4. Schwalbe's Jahresbericht Bd. VII, p. 26; Zool. Anzeiger 1879, p. 280.

4) Theil III, p. 31.

thierischen Eiern kommen noch die Dotterkörner hinzu, die nicht in den Plasmafäden, sondern zwischen denselben liegen.

Wie sich nach Analogie mit pflanzlichen Zellkernen wohl schon erwarten liess, wird die „Umlagerung" der Kernfäden, die das Auseinanderweichen derselben einleitet, anders als wie es Flemming schildert, vollzogen. Die Uebereinstimmung mit den Pflanzen ist eine vollständige. Der Vorgang entspricht denjenigen Fällen, wo das polare Ende des einen Schenkels sich umbiegt, während der andere äquatoriale Schenkel sich gerade streckt. Das zeigt für Salamandra unsere Figur 208. Die einzelnen, in der Umbiegungsbewegung begriffenen Elemente haben die Gestalt eines S oder C, endlich einzelne schon die Form eines umgekehrten f. Es findet somit nicht Abstossung von Schenkelenden, Anziehung von Winkeltheilen, auch nicht ein Auseinanderklappen nach dem Commando: „Winkel nach dem Pol, Schenkel nach dem Aequator," sondern eine Eigenbewegung der Kernfäden, welche aus der U-Form durch die S- oder C-Form in die f-Form und schliesslich in die Π-Form übergehen. In Figur 209 ist dieser letzte Zustand annähernd erreicht. Flemming rechnet diesen Zustand als Tonne noch zu der Kranz-Sternform und Aequatorialplatte, welche Begriffe bei ihm ohne Grenzen in einander übergehen und mit grosser Unbestimmtheit in der letzten Publication gehandhabt werden. Weil aber Flemming den Vorgang, der sich bei beginnender Theilung der Kernplatte abspielt, nicht richtig erkannte, so stimmt auch keine seiner Figuren mit der Natur überein. Erst die Abbildungen der Kerntonne (etwa Fig. 14, Taf. VII, Theil II), die er giebt, sind richtig. Flemming bemerkte bereits, dass auf diesem letzten Zustande die gegenüberliegenden Elemente der Kernplatte zeitweilig mit ihren Enden aufeinanderstossen; dies haben wir in zahlreichen Fällen bei Pflanzen beobachtet und auch in Figur 209 zur Darstellung gebracht.

Auch auf dem Zustande der Kernspindel erscheint (an Hämatoxylin-Präparaten) letztere deutlich in einem helleren Raume, der ursprünglichen, von lockeren Plasmafäden durchzogenen Kernhöhle gelegen (Fig. 195).

In dem letzten Theile seiner Beiträge zur „Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen" hat Flemming auch die Theilung der Eizellen von Toxopneustes geschildert[1]). Dabei fand

1) Theil III, p. 21.

er Alles wie bei Salamandra. Sicher durfte es nun auf Grund seiner Untersuchung sein, dass die Kernplatte in den Eiern von Toxopneustes auch doppelt zusammengesetzt ist und aus schleifenförmigen Elementen besteht. Auch möchte man aus den Abbildungen schliessen, dass die der Kernspindel vorausgehenden Stadien so wie bei Salamandra verlaufen. Ueber den Ursprung der Spindelfasern scheint Flemming nichts ermittelt zu haben. Ich zweifle, so wie die Sachen jetzt stehen, nicht daran, dass eine Angabe von Bobretzky, so wie eine ältere Deutung von Fol[2]), ungeachtet er dieselbe später selbst aufgab, richtig waren, dass nämlich auch in thierischen Eiern die Spindelfasern dem angrenzenden Cytoplasma entstammen. — Sehr eigenthümlich, wenn auch nach dem Gesagten nicht unmöglich, klingt die Angabe von E. L. Mark[3]), dass im befruchteten Ei von Limax campestris eine nur aus Spindelfasern bestehende Spindel mit Sonnen an den Polen sich bilde und hierauf erst die fadenförmig differenzirte Substanz des nebenan gelegenen, aus der Verschmelzung von Eikern und Spermakern entstandenen Keimkerns (Furchungskerns) in dieselbe eindringe, um die Kernplatte zu bilden. Der Vorgang wird durch die Figuren 86—89 bei Mark Taf. V, illustrirt.

Hier unterbrechen wir wieder unsere Schilderung der Kerntheilung bei thierischen Zellen, um zu den pflanzlichen Objecten zurückzukehren.

Sobald die einzelnen Kernfäden die entsprechende Umbiegung erfahren haben, beginnen beide Kernplattenhälften sich von einander zu entfernen. Sie gleiten den Spindelfasern entlang, während letztere an Ort und Stelle verbleiben. Diese Bewegung längs der Spindelfasern bringt es auch mit sich, dass die Anordnung der Elemente in jeder Plattenhälfte eine relativ sehr regelmässige ist. Die Kernfäden stehen, je nach Umständen, fast parallel zu einander, oder convergiren gleich an der Polseite. Die beiden Schenkel des Ո oder des ſ werden oft sehr nah an einander gebracht, die Umbiegungsstelle wird eine scharfe. Während des Auseinander-

1) Archiv f. mikr. Anat. Bd. XIII, 1877, p. 95.

2) Mém. de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. Tom XXVI, 1879, p. 183. Comptes rend. de l'Acad. d. sc. 1876, p. 667 und Archives de zool. exp. T. V. 1876. Sep.-Abdr. p. 8.

3) Bull. of the Mus. of comp. Zool. at Harvard College, Cambridge Vol. VI, Part II, 1881, p. 228.

weichens treten öfters, bis dahin uns schwer erkennbare Spindelfasern an den Polseiten der Anlage deutlicher hervor; sie mögen jetzt verstärkt worden sein. — Nicht alle Elemente brauchen völlig gleichzeitig sich von einander zu trennen, manche bleiben zurück. Die Verzögerung trifft stets Elementpaare (Fig. 30, Taf. I und viele andere); diese bleiben länger mit ihren äquatorialen Enden vereint, als wenn es ihnen schwer fiele, an der Berührungsstelle die Trennung zu vollziehen. Es mag hier eben während des gegenseitigen Aufrichtens eine theilweise Verschmelzung eingetreten sein. Solche zurückbleibenden Paare erweckten früher in mir die Vorstellung, als würden öfters beim Auseinanderweichen mittlere Theile der Kernplattenelemente gestreckt und hierauf erst beiderseits in die Anlagen eingezogen. Die definitive Entfernung der beiden Anlagen ist im Allgemeinen erreicht, wenn dieselben bis an die früheren Spindelpole gelangten. Hier neigen die Elemente mit ihren Polenden zusammen, oft auch legen sie sich ihrer ganzen Länge nach, fast bis zur Berührung, an einander. Bei relativ langen Elementen beginnt auch wohl der kürzere Schenkel sich an der Polseite in Falten zu legen (Fig. 94, Taf. II). In den häufigsten Fällen, denjenigen nämlich, wo die Elemente an der Polseite zusammenneigten, folgt bald eine Krümmung der Elemente von der Aequatorialseite (Fig. 39, 50 Taf. I und viele andere). Die ganze Kernanlage erscheint jetzt abgerundet, eine relativ starke Contraction der Figur ist in den meisten Fällen eingetreten. Bei mangelhafter Färbung oder Fixirung erscheint es, als wenn alle Elemente der Anlage mit einander verschmelzen möchten. Thatsächlich ist dies jedoch nicht der Fall. Vielmehr legen sich nur die Enden der Kernfäden aneinander um sich zu vereinigen (Fig. 50 Taf. I, 117 Taf. II, 137, 157 Taf. III u. A.). Hierdurch wird es begreiflich, wozu die Ω- oder ſ-Krümmung der auseinanderweichenden Elemente nützt; es wird ein leichteres Zusammentreffen der Enden der Fadenstücke hierdurch erreicht. Freilich wäre hierzu eine Aenderung der Biegung bei beginnender Trennung nicht nöthig gewesen; die aufrechten U oder J hätten dasselbe wie die umgekehrten leisten können, wenn dann nur die Verschmelzung der Fadenenden von der Polseite erfolgte; doch ist es klar, um wie viel leichter Störungen und Stauungen in der Bewegung würden eintreten können, wenn die fortschreitenden Elemente ihre Schenkel, statt ihrer Umbiegungsstellen, voran

führen würden. Auch das so häufig zu beobachtende Aneinanderdrücken der beiden Schenkel der Schleifen während des Auseinanderrückens wird als eine die fortschreitende Bewegung erleichternde Einrichtung aufzufassen sein. Wo die Elemente der Anlagen sich gleich anfangs mehr oder weniger parallel neben einander lagerten, ist der Vorgang nicht anders (Fig. 145, 146 Taf. II).

Wo die Schlängelung der Fadenenden an der Polseite begann, pflanzt sie sich bis zur Aequatorialseite fort (Fig. 94 Taf. II u. ff.); die sich nach dem Kerninnern krümmenden äquatorialen Enden der Fäden kommen so auch mit den ihnen vom Pol her entgegen strebenden in Contact und in Verschmelzung (Fig. 96 Taf. II).

So werden bei pflanzlichen Objecten alsbald die einzelnen Fadenstücke der Anlagen zu einem einzigen Kernfaden wieder vereinigt.

Auf dem Stadium dieser Verschmelzung bildet sich auch die Kernwandung aus, indem das umgebende Cytoplasma sich durch eine Hautschicht gegen die Kernfäden abgrenzt. Es geschieht das auf den Stadien relativ stärkster Contraction der Kernfigur. Jetzt beginnen die Windungen des Fadens auseinanderzuweichen. Es tritt Kernsaft zwischen den Windungen auf; eine Kernhöhle wird in dieser Weise ausgebildet und rasch vergrössert. Das nahe Zusammentreten der Kernelemente hatte zum Resultat, dass alles Cytoplasma, welches sich zwischen denselben befand, auswandern musste. In der sich bildenden Kernhöhle ist nur wässerige Flüssigkeit vorhanden.

Aenderungen des inneren Gefüges fangen an den Kernfäden meist schon sichtbar zu werden an, bevor eine Verschmelzung derselben beginnt. Zuvor scheinbar homogen oder doch nur die Abwechselung dichterer und minder dichter Scheiben verrathend, fangen die Kernfäden an, feinkörnig zu werden. Manche derselben zeigen, während sie noch homogen erscheinen, Einschnürungen, die ihnen das Aussehen von Perlenschnüren geben (Fig. 36, 50 Taf. I). Mit dem Feinkörnigwerden schwindet ihr glatter Contour. Um diese Zeit, oder schon früher, pflegen sie mit ihren Enden zu verschmelzen und werden von dem umgebenden Cytoplasma abgegrenzt. Hierauf bekommen sie dieses drahtfederähnliche Aussehen, das wir schon von den Mutterkernen her kennen und spinnen sich nun zu grösserer Länge aus. Der Kernumfang nimmt gleichzeitig zu, doch in noch grösserem Maasse die Länge der Fadenwindungen,

welche sich vielfach schlängeln, in einander und durch einander greifen und schliesslich dem Tochterkerne ein scheinbar netzförmiges Gefüge verleihen. — Während dem findet, von speciellen Fällen abgesehen, eine Ernährung des Zellkernes aus der Umgebung statt. Ueber die Natur dieser Ernährung weiss ich noch nichts Bestimmtes zu sagen.

In der Verschmelzung ihrer Fäden zu einem einzigen, dem Feinkörnigwerden der Fadensubstanz, ihrem Ausspinnen in die Länge, machen die Tochterkerne in der That die rückläufige Entwickelung des Mutterkernes durch. Hierin habe ich meine älteren Angaben, als auf unzureichender Induction beruhend, zu verbessern. Die rückläufige Entwicklung betrifft aber nur die Verschmelzung der Fadenenden, die Differenzirung in der Substanz des Fadens und dessen Verlängerung, nicht aber die im Flemming'schen Schema verlangte Gruppirung der Elemente, entsprechend den Gruppirungen im Mutterkern. Von den eben angeführten Differenzirungen in der Substanz des Fadens hat Flemming nichts gesehen, und so lange ich dieselben nicht kannte, war ich gegen die Flemming'sche Behauptung einer rückläufigen Entwicklung, welche verlangte: „Allmähliche Wiederordnung der Schleifen in je einer Tochterfigur nach dem Typus, Winkel nach dem Centrum, freie Enden nach der Peripherie; Längsverschmelzung von je zwei Fäden (mit Fragezeichen); Sternform; die Fäden nehmen geschlängeltere Lagen an; oft Kranzform; Unterbrechungen des Gewindes werden immer weniger und undeutlicher sichtbar (Verschmelzungen von Fadenenden, mit Fragezeichen); Knäuel, der sich allmählich verdichtet, Unterbrechungen des Fadengewindes sind nicht mehr deutlich; Wiedervermischung des Chromatins und Achromatins; Gerüst (Ruhe)[1]." Auf dieses Schema konnte ich selbstverständlich nicht eingehen. Flemming wollte es auf das ganze Thier- und Pflanzenreich ausdehnen. Wie wenig es aber: sowohl progressiv für den Mutterkern, als auch regressiv für den Tochterkern, passt, hat wohl meine jetzige Arbeit zur Genüge gezeigt. Fragen wir aber, ob nicht doch, abgesehen von dem Flemming'schen Schema, sich ein regressiver Fortgang in der Entwicklung der Tochterkerne hinsichtlich der Gruppirung der Elemente zu erkennen giebt und ob nicht etwa nach der Aenderung der progressiven Anordnungen

1) Theil II, p. 227.

im Mutterkern sich die regressiven Anordnungen im Tochterkern verändern — so kann auch jetzt die Antwort nur negativ ausfallen. Die regressive Differenzirung der Tochterkerne ist in dem ersten, wie in dem zweiten Zellenpaare der Mutterzellen von Fritillaria persica gleich (vgl. Fig. 30 und 51, Taf. I), ungeachtet die progressive Differenzirung im ersten Zellkern einerseits, in dessen beiden Nachkommen andrerseits, so ganz verschiedene Bilder gewährt. In manchen Fällen mag eine ausgeprägte Schlängelung des bereits verdickten Kernfadens im Mutterkern, als mit relativem Substanzreichthum des Kerns zusammenhängend, in den Tochterkernen gleich nach Verschmelzung der Fäden in einer entsprechenden Schlängelung dieser ihren Ausdruck finden, doch weiter erstreckt sich die Analogie nicht. Als stets wiederkehrend und bleibend, wiederholt sich nur die schon angeführte Verschmelzung der Fäden, ihr Feinkörnigwerden, Verlängerung und Verdünnung derselben, verbunden mit Schlängelung.

Die zwischen den Tochterkernanlagen zurückbleibenden Spindelfasern bilden die Verbindungsfäden, die bei den höher organisirten Pflanzen durch Hinzutritt neuer, aus eindringendem Cytoplasma gebildeter, vermehrt werden und in deren Aequatorialebene hierauf die Zellplatte auftritt. Die Entstehung der letzteren habe ich erst neuerdings wieder geschildert [1]) und verweise daher auf diese Schilderung. Bemerkt sei nur, dass die Zellplatte von Cyto-Mikrosomen gebildet wird, welche, in den Verbindungsfäden geführt, sich in halber Länge derselben sammeln und hier zu grösseren Zellplattenelementen verschmelzen. Die Verbindungsfäden spielen diesen Zellplattenelementen gegenüber dieselbe Rolle, die sie den Kernplattenelementen gegenüber zu erfüllen hatten: sie wirken richtend auf sie ein und halten sie in einer bestimmten Lage. Daher wir solche Verbindungsfäden, mit grösserer oder geringerer Deutlichkeit, überall auftreten sehen, wo eine Zellplatte gebildet werden soll. So auch in dem protoplasmatischen Wandbelege des Embryosackes, wenn die definitiven Scheidewände auftreten. Hier (und an manchen anderen Orten) werden die Verbindungsfäden aber, den gegebenen Bedingungen gemäss, ohne Vermittlung der Spindelfasern, ganz frei in dem Cytoplasma erzeugt. Dass solche frei erzeugte Verbindungsfäden sowohl, als auch diejenigen, die nachträglich zwischen die zurückbleibenden Spindelfasern eingeschaltet werden, sich von

1) Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute 1882, p. 172.

letzteren in keiner Weise unterscheiden, habe ich wiederholt schon hervorgehoben. Hierin liegt aber, wenn eine solche nöthig wäre, noch eine weitere Stütze dafür, dass auch die Spindelfasern dem Cytoplasma angehören.

Die Cellulose-Membran geht aus den Elementen der Zellplatte und den sie trennenden Cyto-Hyaloplasmatheilen hervor, wie ich denn neuerdings zu zeigen suchte, dass auch alle Bildung der Verdickungsschichten an pflanzlichen Zellhäuten nicht auf Ausscheidung von Cellulose, sondern auf Umwandlung entsprechender, mit Mikrosomen beladener Cytohyaloplasma-Schichten beruhe. Ich denke mir die Cellulose, ein Kohlehydrat, durch chemische Spaltung aus diesen Eiweisskörpern entstanden. Von letzterer Umschreibung abgesehen, stimmt diese meine Auffassung mit einer zuvor schon von Fr. Schmitz aufgestellten Behauptung überein: dass „die pflanzliche Zellmembran" in allen von ihm untersuchten Fällen „zunächst nicht das Product einer Secretion, sondern durch einfache Substanz-Metamorphosen des Protoplasma, durch directe Umwandlung des letzteren, entstehe [1];" eine Ansicht, die in ähnlicher Form einst auch Pringsheim vertrat [2].

Als sehr eigenthümlicher Fall ist mir bei diesen Untersuchungen das Verhalten in den Pollenmutterzellen von Hemerocallis fulva entgegengetreten, wo der Zellraum trotz einfacher Zweitheilung des Zellkerns oft in mehr als zwei Theile zerfällt. Es stellte sich heraus, dass hier einzelne Elemente resp. Elementpaare der Kernplatte in der Aequatorialebene der Spindel zurückbleiben, ohne in den Körper der Anlagen eingezogen zu werden und dass solche Elemente durch Zellplatten später abgegrenzt werden und den Ursprung einem kleinen Zellkerne in gleichzeitig gebildeter kleiner Nebenzelle geben. (Vgl. hierzu die Figuren 63—65, Taf. II.)

Auch dreipolige Kernspindeln in sonst ganz normaler Entwicklung hatte ich Gelegenheit zu beobachten und verweise für dieselben auf Figura 180, Taf. III. — W. A. Martin [3] beschreibt und bildet neuerdings auch vierpolige Kernspindeln in einem Falle

---

1) Sitzungsber. d. niederrh. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde zu Bonn 6. Dec. 1880.

2) Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle 1854, p. 45, 69 u. A.

3) Archiv für path. Anat. u. Phys. u. für kl. Med. Bd. LXXXVI, 1881. Sep.-Abdr. p. 5.

von Brustdrüsenkrebs ab und macht die Existenz selbst sieben- bis achtpoliger Kernspindeln dort wahrscheinlich.

Ganz in derselben Weise wie bei Pflanzen, weichen auch die Kernplattenelemente der Thiere nach geschehener Umbiegung, aus einander. Das Flemming'sche Schema dieses Vorgangs ist vorhin schon zur Sprache gekommen. Die Tochterkernfiguren von Salamandra werden nach Flemming[1]) von Fadenschleifen gebildet, deren Schenkel an der Polseite in einander übergehen. Die Figuren haben einen radiären Bau, besonders bei der Ansicht vom Pol, daher die Repetition des Muttersterns. Bei vielen Exemplaren, doch nicht in allen Fällen, wird die Aehnlichkeit mit letzterem noch vollkommener, indem ein Theil der Strahlen des Tochterkerns nach der Polseite hin umklappt. Verschiedene Erscheinungen sollen für die Längsverschmelzung von je zwei Fäden sprechen, so wie es die rückläufige Entwicklung verlangt. Flemming führt einen Fall von Doppelsternen an (vergl. seine Figur 9, Taf. XVII, Theil I). Eine seitliche Verschmelzung der Elemente findet nicht statt. Auf die Sternform folgt eine Kranzform aber mit gewundenen und geschlungenen Fäden, an denen sich immer weniger Unterbrechungen finden; die Figur häufig mit freier Mitte. Es scheint Flemming[2]) „diese Umformung nicht besser erklärbar, als durch die Annahme, dass jetzt die peripheren Enden der Schleifenschenkel in den Tochterkernen mit einander verschmelzen". Es scheint, dass ganz reine Kranzformen mit freiem Mittelfeld nicht immer vorzukommen brauchen. Es verengert sich darauf die Figur zu einem Knäuel und dessen Windungen lagern sich so dicht, dass sie am lebendem Präparat als „homogener Klumpen imponiren". Dann folgen die Figuren mit querer Gitterung und gehen endlich in die unregelmässigeren Gerüste über, die zum Ruhezustand zurückleiten.

Ich selbst will auf Grund meiner Untersuchungen an Salamandra hier nur wenige Bemerkungen hinzufügen. Zunächst an die schon geschilderte Figur 209, Taf. III sei die Figur 210 angefügt, welche das Auseinanderweichen der Kernplattenhälften und das von Flemming erwähnte hier relativ starke Umschlagen der peripherisch gelegenen Schleifen gegen die Pole hin zeigt. Die

1) Theil II, p. 214 ff.
2) Theil II, p. 216.

Schenkel der Schleifen können von gleicher Länge sein, sind es gewöhnlich aber nicht und die Elemente nur f-förmig, d. h. mit einem polaren Haken versehen. In Fig. 211 ist das polare Umschlagen schwächer, zwei gegenüberliegende Elemente sind zurückgeblieben. Das Bild wurde nach einem Hämatoxylin-Präparat entworfen; an der Polseite der Anlagen zeigte sich deutlich je eine kleine von Cytoplasmastrahlen gebildete Sonne. Aehnlich, doch schöner, hatten wir solche Sonnen auch an einem Objecte aus pflanzlichem Gewebe beobachtet und dort auch beschrieben (im Endosperm von Hyacinthus orientalis Fig. 143). Selbst auf diesem Zustande der Salamandra zeigten die Hämatoxylin-Präparate noch deutlich die ursprüngliche, vielleicht noch vergrösserte, von lockerem Cytoplasmanetz durchzogene Kernhöhle (Fig. 211); noch innerhalb dieser liegen die Sonnen. Von Verbindungsfäden sind auch an Hämatoxylinpräparaten nur Andeutungen vorhanden. Fig. 212 ist wie 210 nach einem Safranin-Nelkenöl-Präparat entworfen. Alles Bilder, die sehr nahe mit pflanzlichen übereinstimmen. Eine Längsspaltung der Fäden findet nicht statt; den Fall eines „Doppelsternes", der Flemming vorlag, habe ich ganz ähnlich beobachten können. Die Kernfäden waren hier eben dauernd flach geblieben, vom Kranzstadium des Mutterkerns an, und dem entsprechend war die Verschmelzung der beiden Mikrosomenreihen nicht wieder erfolgt. Unter den von mir abgebildeten Kernspindeln von Salamandra befindet sich eine (Fig. 200), die ebenfalls sehr deutliche Doppelfäden aufzuweisen hatte. Auf dem starken Contractionsstadium der Figur, von welchem Flemming berichtet, erhält die Kernanlage ihre hier stets sehr zarte Wandung: eine Hautschicht des umgebenden Cytoplasma. Die Fäden weichen bald wieder auseinander. Sie werden feinkörnig und zeigen nun dasselbe Aussehen, das wir für Pflanzenzellen geschildert: denselben unbestimmten Contour, denselben scheinbar drahtfederartigen Bau (Fig. 213), hierauf dieselbe Art der Verlängerung. Die Verschmelzung der Fadenenden erfolgt bei Salamandra sehr spät, erst auf diesen Stadien. Das würde zu der regressiven Entwicklung stimmen, weil im Mutterkern der Faden sich frühzeitig in Stücke trennte. Doch in dem Mutterkern der Pollenmutterzellen von Fritillaria persica erfolgt die Segmentirung eben so frühzeitig und doch die Verschmelzung der Fadenenden in den Tochterkernen sofort mit Beginn deren Entwicklung. Sie findet in denselben zu

der nämlichen Zeit statt wie in den Enkelkernen, ungeachtet die Tochterkernfiguren sich relativ sehr spät segmentiren.

Die Untersuchungen von Flemming bei Toxopneustes haben im Anschluss an ältere Angaben gezeigt, dass die auseinanderweichenden Kernplattenelemente annähernd parallel liegen. In Hinblick auf das Salamandra-Schema mussten es Fadenschleifen mit polaren Umbiegungen sein; doch nur einzelne Umbiegungsschleifen liessen sich am Polarrande der Figur erkennen. Nach erfolgter Auseinanderrückung findet man schliesslich nur gradlinige Stäbchen. Diese brachten Flemming in Verlegenheit, bis dass sich ihm „ein neuer und unerwarteter Schlüssel für das Verständniss ergab“ [1]). Die Elemente in den Tochterkernen erscheinen ihm auffallend kurz im Vergleich mit den Fäden in der Aequatorialplatte des Mutterkerns und glaubt er daher annehmen zu müssen, dass während des Auseinanderrückens der Tochterkernfiguren die Schleifen derselben sich an den Knickungsstellen trennen, so dass aus jeder zwei gerade Fäden werden. — Nach den Erfahrungen, die ich an zahlreichen Objecten zu sammeln jetzt Gelegenheit hatte, halte ich hingegen diese von Flemming angenommene Segmentirung der Schleifen für unwahrscheinlich. Die Schleifen der Kernplatte von Toxopneustes haben sich eben während des Auseinanderweichens zu geraden, mit nur kurzen Haken versehenen Stäbchen gestreekt, wie wir solche so häufig bei Pflanzen (etwa bei dem zweiten Theilungsschritt der Pollenmutterzellen von Fritillaria persica, oder in den Staubfädenhaaren von Tradescantia) gefunden.

Die wichtigsten Resultate meiner Untersuchung lassen sich in kurzen Worten zusammenfassen.

Im ruhenden Zellkern ist, so möchte ich annehmen, nur ein einziger sehr langer Faden aus Nucleoplasma vorhanden.

Dieser Faden bildet in welligem Verlauf einen hin und her gewundenen, mehr oder weniger dichten Knäuel.

Dieser Knäuel liegt in einer mit wässerigem Kernsaft erfüllten Kernhöhle.

Die Kernhöhle wird durch die Kernwandung abgeschlossen, welche eine Hautschicht des umgebenden Cytoplasma ist.

1) Theil III, p 27.

Der Kernfaden besteht aus Nucleo-Hyaloplasma und diesem eingebetteten Nucleo-Mikrosomen. Zu letzteren gehören auch die Nucleolen, die je nach ihrer Grösse noch im Faden liegen oder seitlich demselben anhängen.

Die erste Veränderung in den sich zur Theilung vorbereitenden Kernen ist eine Contraction des Fadens, die mit einem drahtfederartigen oder zickzackförmigen Einrollen verbunden ist.

Der Faden wird kürzer und dicker. Die durch die Contraction aneinandergebrachten Mikrosomen verschmelzen miteinander und der Faden besteht schliesslich aus abwechselnd dichteren und weniger dichten Scheiben, die aus Mikrosomensubstanz und Hyaloplasma bestehen. Der Faden hat meist noch wellenförmigen Verlauf.

Die Nucleolen vertheilen sich früher oder später in der Substanz des Fadens und sind dann als solche nicht mehr zu unterscheiden.

Der Faden kann sich weiterhin verschieden verhalten. Entweder er segmentirt sich jetzt gleich in einzelne Stücke und zwar in eine fast constante Zahl derselben, oder diese Segmentirung erfolgt erst auf späteren Stadien.

Im ersteren Falle hängen die getrennten Fadenstücke mit irgend einer Stelle der Kernwandung an. Sie legen sich entweder jedes seiner Länge nach zusammen und bleiben ziemlich gleichmässig an der Kernwandung vertheilt (Pollenmutterzellen von Fritillaria persica, erster Theilungsschritt) oder sie legen sich in Doppelschleifen, die zu einem Kranze in der Kernhöhle angeordnet erscheinen (Salamandra).

Bei Fritillaria wie bei Salamandra wird hierauf die Kernwandung aufgegeben und das Cytoplasma wandert in die Kernhöhle ein. Bei Fritillaria vollständiger als bei Salamandra. Bei Fritillaria werden die Kernfäden durch das eindringende Plasma nach der Kernmitte zusammengedrängt. In beiden Fällen gehen Spindelfasern aus dem eingedrungenen Cytoplasma hervor. Die zusammengelegten Fäden werden bei Fritillaria unter dem richtenden Einfluss der Spindelfasern in die Aequatorialebene eingeordnet, sie bilden die Kernplatte. Jede Hälfte des Fadens fällt einer Seite der Kernplatte zu; der Zusammenhang an der Umbiegungsstelle wird in jedem Fadenstück aufgegeben. Bei Salamandra öffnen sich die nach aussen hin gelegenen Umbiegungs-

stellen der Schleifen, wodurch jedes Fadenstück in zwei Hälften zerfällt. Letztere haben die Gestalt einfacher Schleifen, oder nehmen sie bald an und werden ebenfalls unter Vermittlung der Spindelfasern der Kernplatte eingeordnet; je eine Fadenhälfte kommt der einen, je eine andere der anderen Kernplattenhälfte zu.

In derjenigen Kategorie von Fällen, in welchen eine Segmentirung erst später erfolgt, geht die Anordnung der Elemente zur Bildung der Kernplatte dieser Segmentirung voraus. Verschiedene Modificationen sind hier möglich: Streckung der Windungen des Kernfadens gleich in der Richtung der späteren Kernspindel; oder erst schräg, dann in die Länge; oder erst quer, dann in die Länge; endlich kommt es auch vor, dass in der queren Anordnung die Windungen eine einseitige Segmentirung erfahren und die Schenkel jeder Schleife sich nach den beiden Polen richten. Bei longitudinaler Anordnung der Windungen, mag sie nun in der einen oder anderen Art erzielt worden sein, bleibt eine äquatoriale Falte im Faden oder sie wird ausgebildet; hierauf erfolgt eine Trennung an den Umbiegungsstellen der Schleifen, zuerst an den Polen, dann im Aequator; jedes Paar von Kernplattenelementen ist so durch Halbirung eines Fadenstückes entstanden. Ebenso bei einseitiger Durchbrechung der quer gestellten Windungen. Auch da entsteht je ein Paar von Kernplattenelementen aus den beiden Hälften eines Fadenstückes, nachdem die Trennung in einer bei der Streckung desselben äquatorial zurückbleibenden Falte sich vollzog. Die Spindelfasern treten auf, nachdem sich die polwärts gerichteten Schleifen geöffnet haben, im letzten Falle nachdem die Schenkel die polare Richtung angenommen. Sehr oft sind die Spindelfasern nur schwer nachzuweisen.

Wie mannigfaltig somit im Einzelnen die Vorgänge auch sein mögen, sie führen zuletzt zur Halbirung getrennter Fadenstücke, deren beide Hälften auf die beiden Seiten der Kernplatten vertheilt werden.

Daher stets die gleiche Anzahl von Elementen in jeder Kernplattenhälfte.

Die Anzahl von Elementpaaren ist auch für eine Species fast constant, verändert sich aber von Species zu Species, kann übrigens auch bei verwandten Pflanzen annähernd constant sich halten.

Die Kernplattenelemente können sehr kurz sein, flach aneinanderliegen und das Aussehen von Körnern haben, oder sie sind

J-förmig oder U-förmig gestaltet. Es muss an denselben in Hinsicht der Lage und des späteren Verhaltens ein polarer und ein äquatorialer Schenkel unterschieden werden.

Die Spindelfasern bestehen aus Cytoplasma, sie treten um so deutlicher hervor, je kürzer die Kernplattenelemente. Diejenigen Spindelfasern, an welche Kernplattenelemente ansehliessen, sind kräftiger, oft scheinbar allein entwickelt.

Die Spindelfasern treffen mehr oder weniger scharf an den Spindelpolen zusammen. Wo sie auf einander scharf treffen und mit einander verschmelzen, lässt sich bei Pflanzen ein Polkörperchen, doch ohne scharfe Abgrenzung gegen die Spindelfasern, unterscheiden. Bei Thieren sind die Polkörperchen deutlicher abgesetzt.

Es lassen sich an thierischen Eiern, (doch hin und wieder auch in Zellen älterer Gewebe), an den Spindelpolen „Astern" oder „Sonnen" unterscheiden, welche von radial um den Pol angeordneten Cytoplasmafäden herrühren. Diese Fäden unterscheiden sich von den Spindelfasern nur dadurch, dass sie grössere Mikrosomen führen.

Die Trennung der beiden Kernplattenhälften wird durch eine Umbiegung (Andersbiegung) der Kernplattenelemente eingeleitet. Aus der J- oder U-förmigen Gestalt, gehen sie, durch C- oder S-förmige, in eine im Allgemeinen f- oder Π-förmige über. Die Umbiegung erfolgt direct, indem sich das polare Ende krümmt, während das äquatoriale sich gerade streckt; oder es schreitet die Umbiegung bei sehr langen Kernfäden an denselben entlang nach dem Pol zu fort, so dass ⊂⊃-Gestalten den Uebergang vermitteln.

Während der Umbiegung stellen sich die gegenüberliegenden, zu je einem Paar gehörenden Fäden, mit ihren äquatorialen Enden auf einander.

Der Umbiegung folgt das Auseinanderweichen; die umgebogene Stelle geht voran. Einzelne Paare bleiben aneinander haften; sie trennen sich später und eilen dann nach.

Die Elemente folgen in ihrer Bewegung der Richtung der Spindelfasern. Sie werden durch das Hyaloplasma derselben geführt, ähnlich wie sonst grössere Körper durch den Hyaloplasmastrom der Zelle. Es genügt in der That, dass solche Körper einseitig in den Hyaloplasmastrom tauchen, um transportirt zu werden[1]).

1) Studien über das Protoplasma. Jen. Zeitschr. Bd. X(III). 1876, p. 424.

Gegen die Pole der Spindel angelangt, nähern sich die Elemente, zunächst mit ihren polaren Enden; dann folgt eine Einbiegung an der äquatorialen Seite und, bei den bisher untersuchten Pflanzen, auch gleich eine Verschmelzung der getrennten Fadenstücke mit ihren Enden zu einem einzigen Faden. Eine Contraction der ganzen Figur findet gleichzeitig statt und während dieser die Bildung einer Kernwandung vom umgebenden Cytoplasma aus.

Die Windungen des Fadens beginnen hierauf auseinanderzuweichen; es tritt Kernsaft zwischen denselben auf.

Die Substanz des Fadens wird gleichzeitig feinkörnig und beginnt sich der Faden auch wieder in die Länge zu ziehen, zahlreiche in einander greifende Windungen bildend. Die Kernkörperchensubstanz sammelt sich an den Fadenwindungen auf und tritt aus denselben seitlich hervor, sobald sie ein zu grosses Volumen gewonnen hat. Doch hängen die Nucleolen immer einem Faden an.

Bei Salamandra erfolgt die Verschmelzung der Fadenenden erst auf einem relativ späten Entwicklungszustande, nachdem die Fadenstücke sich bedeutend verkürzt und wellenförmigen Verlauf angenommen haben.

Die Zahl der Windungen des an Länge zunehmenden und aus der Umgebung ernährten Kernfadens wird schliesslich so gross, deren Feinheit so bedeutend, dass die scheinbar netzförmige Structur des Ruhezustandes entsteht.

Die Spindelfasern bleiben als Verbindungsfäden zurück. Bei Thieren wird ihre Zahl nicht vermehrt, sie sind oft kaum nachzuweisen. Bei Pflanzen wird ihre Zahl durch eindringendes und sich entsprechend differenzirendes Cytoplasma vergrössert. Im Aequator dieser Fäden tritt hierauf die aus Mikrosomen gebildete Zellplatte auf, aus der die Cellulosewand hervorgeht.

---

Zum Schluss sei hier noch einmal die Frage erörtert, in welchem Verhältniss die Kerntheilung zu der Zelltheilung stehe.

Die Angaben über Kerntheilung durch Abschnürung, welche durch das Stadium der differenzirten Kerntheilung zunächst eingeschränkt und in Frage gestellt wurden, mehren sich wieder, in Folge neuer Untersuchungen. Es kann somit keinem Zweifel

unterliegen, dass neben der Theilung mit Differenzirung, auch noch ein anderer einfacherer Theilungsmodus der Kerne besteht. Es lässt sich sehr wohl für die Kerntheilung mit Differenzirung, die Flemming'sche Bezeichnung „indirecte Kerntheilung" brauchen und dieser die Theilung durch Abschnürung als „directe Kerntheilung" gegenüberstellen. Durch diese umschreibende Ergänzung werden zwar beide termini verlängert und ihr Gebrauch etwas erschwert, doch wird es ja in den seltensten Fällen nöthig sein, diese ergänzende Bezeichnung hinzuzufügen: ich meine eigentlich nur dann, wenn es gilt, beide Vorgänge einander gegenüberzustellen. Die indirecte Kerntheilung wiegt bei weitem vor und verstehe ich daher, wenn ich kurz von Kerntheilung spreche, nur letztere unter diesem Namen. Werde aber stets directe Kerntheilung oder Abschnürung respective auch Fragmentation brauchen, wenn von directen Kerntheilungsvorgängen die Rede ist.

Sehr zahlreiche Fälle directer Kerntheilung hatte ich wiederum Gelegenheit gehabt bei meiner Untersuchung über Bau und Wachsthum der Zellhäute zu Gesicht zu bekommen. Sie traten mir, wie früher, nur in Zellen entgegen, welche sich nicht mehr theilten. In den meisten Fällen war der Inhalt der sich einschnürenden Kerne weniger reich als in den theilungsfähigen Zellen, doch kamen mir auch eingeschnürte Kerne mit reichem Inhalte vor. Dem Schwund des Kerns in der Zelle ging in manchen Fällen eine Fragmentation desselben voraus[1]). Ich gebe in meinem Membran-Buche auch an, dass sich die Kerne der Tapetenzellen in Antheren und Sporangien fragmentiren[2]), muss aber diese Angabe jetzt verbessern. In den Tapetenzellen liegt nämlich wieder dieselbe merkwürdige Erscheinung vor, wie ich sie früher für das Endosperm von Ephedra geschildert[3]). Die Zellkerne theilen sich indirect mit gewöhnlicher Differenzirung; die Verbindungsfäden zwischen den Tochterkernen werden sogar vermehrt und bilden einen tonnenförmigen Körper, aber zur Zelltheilung kommt es nicht, vielmehr schwinden die Verbindungsfäden, die gebildeten Tochterkerne werden einander genähert, berühren sich, flachen sich gegen einander ab, zeigen eine gemeinsame Wandung und sind

1) Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute 1882, p. 53, 81.
2) l. c. p. 89 u. a. m.
3) Bot. Zeitung 1880, Sp. 853.

nun täuschend den sich durch Einschnürung theilenden Zellkernen ähnlich. In etwas älteren Antheren und Sporangien, in denen die Theilung der Pollen- resp. Sporen-Mutterzellen schon vollzogen, sieht man nur solche scheinbare Abschnürungsbilder und ungeachtet mancher Verschmelzungsbilder, die mir von früher her bekannt waren, zweifelte ich nicht an deren Echtheit, bis dass mir bei meinen jetzigen Untersuchungen jüngerer Antheren die indirecten Theilungsbilder zu Gesicht kamen. Alle Angaben über directe Kerntheilung bei höheren Pflanzen sind somit sehr kritisch zu prüfen, dass solche aber eintreffen und in älteren Gewebszellen sehr verbreitet sind, das haben zahlreiche Untersuchungen, so namentlich diejenigen von Schmitz, Treub, Hegelmaier und Johow erwiesen.

Ein besonders instructiver Fall bleibt der von Schmitz[1]) entdeckte, von Johow[2]) neuerdings wieder in eingehender Weise studirte, der Characeen. Auch bei diesen Pflanzen findet in den Vegetationspunkten zunächst indirecte Kerntheilung statt. Diese wird von Zelltheilung begleitet. Dann aber vermehren sich die Zellkerne weiterhin durch Abschnürung. Es thun dies nur die Zellkerne der sich streckenden Internodialzellen. Sie nehmen an Länge zu, erfahren die mannigfaltigsten Gestaltsveränderungen, die ich bei Johow l. c. Fig. 34—60 Taf. VII, zu vergleichen bitte. Die Theilung spielt sich langsam und träge ab, so dass die meisten Zellkerne im Zustande der Theilung anzutreffen sind[3]). Die Dichte dieser Kerne ist die nämliche wie diejenige in den Vegetationspunkten. Ein bei $^1/_{18}$ Zeiss beobachteter und gezeichneter, mit Picrinsäure fixirter und mit Hämatoxylin tingirter Kern von Nitella translucens ergab mir das Bild Fig. 214 Taf. III. Im Bau dieses Kerns ist mir ein continuirlicher Faden ebenfalls wahrscheinlich, die Entscheidung über diesen Punkt ist aber unmöglich. Es präsentirt sich bei starker Vergrösserung das Bild der Kernsubstanz als die eines sehr feinen Gerüstwerkes, dem die dunkler tingirten Nucleolen eingebettet sind. Diese erscheinen meist in derselben Richtung wie der Kern gestreckt. Eine Längsstreifung, die auf Streckung des feinen Fadengerüstes hätte be-

1) Sitzungsber. d. niederrh. Gesellsch. 4. Aug. 1879. Sep.-Abdr. p. 25.
2) Bot. Zeitung 1881, Sp. 729. Dort auch die Litteratur.
3) l. c. Sp. 738.

ruhen können, hat Johow in sich einschnürenden Zellkernen hier nicht feststellen können[1]); ebenso wenig wollte dieses auch mir gelingen. Eine Kernwandung ist um diese Zellkerne nicht zu constatiren, doch mag sie als zarte optisch nicht nachweisbare Hautschicht von Cytoplasma doch vorhanden sein. Nach Analogie wäre dies zu vermuthen; auch sind die Zellkerne thatsächlich stets scharf gegen das umgebende Cytoplasma abgegrenzt. Die Nucleolen werden durch Theilung und Abgliederung von Stücken vermehrt. Die Zellkerne nehmen an Zahl bedeutend zu und müssen daher aus dem umgebenden Cytoplasma, das sie allseitig umgiebt, ernährt werden. In welcher Weise lässt sich auch hier nicht sagen. Die Durchschnürung der Zellkerne giebt mannigfaltige Bilder, neue Durchschnürungen beginnen oft, bevor alte vollendet und verleihen solchen Kernen ein unregelmässig perlschnurförmiges Aussehen. Aus Analogie liegt es wohl nahe anzunehmen, dass bei der Durchschnürung eine Vereinigung der entstehenden freien Fadenenden in jedem Kerntheil erfolgt. Die Fadenwindungen werden ja bei der Einschnürung nahe an einander gebracht und eine seitliche Verschmelzung der entstandenen freien Enden wird somit leicht erfolgen können. Freilich wird es schwer gelingen hier und in andern ähnlichen Fällen diese Verschmelzung zu constatiren, da die Einschnürung vor sich geht, ohne dass eine Verdickung des Fadengerüstes zuvor erfolgt wäre.

Im Anschluss an die Zellkerne der Characeen unterwarf Johow[2]) auch die sich durch Einschnürung theilenden Zellkerne älterer Phanerogamen-Zellen einer erneuten Untersuchung und fand, dass diese Zellkerne durchaus normalen Bau besitzen können und dass auf die Einschnürung eine Desorganisation nicht zu folgen braucht. Er kommt daher zu dem Resultate, dass ein principieller Unterschied zwischen „karyokinetischer Theilung“ und „Fragmentation“ nicht vorhanden ist[3]). In ähnlichem Sinne hatte sich bereits Schmitz[4]) ausgesprochen und darauf hingewiesen, dass die verschiedenen Formen der Kerntheilung „durch eine Reihe von Uebergangsformen so enge unter einander verbunden sind,

1) l. c. p. 740.

2) l. c. Sp. 746.

3) l. c. Sp. 750.

4) Sitzungsber. d. niederrh. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde 13. Juli 1880, Sep.-Abdr. p. 28.

dass sie nicht als durchaus heterogene Vorgänge betrachtet werden können, sondern nur als Modificationen eines und desselben Vorganges.“

Neuerdings hält es auch Flemming[1]) für wahrscheinlich, dass die Leukocyten (farblose Blut-, Lymph- und Wanderzellen) ihre Kerne durch directe Kernabschnürung vermehren. J. Henle[2]) ist hingegen der Meinung, dass es sich hierbei um Wirkungen der zur Fixirung benutzten Säuren handle, welche die Umwandlung des einfachen Kerns in die mehrfachen bewirke. Andererseits stellt wiederum M. Nussbaum[3]) die Angaben v. la Valette St. George's und seine eigenen zusammen, die für directe Kerntheilung bei Bildung der maulbeerförmigen Kerne in den Spermatogonien sprechen. Auch sieht M. Nussbaum eingeschnürte und vielfach getheilte Kerne mit allen Uebergangsstadien in der in Humor aqueus überlebenden Cornea von Salamandra und Rana. Im Ueberzug der Salamander-Leber sollen ebenfalls alle Stadien der directen wie der indirecten Theilung anzutreffen sein.

Während bei der Einschnürung der Zellkerne in den Internodialzellen der Characeen und den Gewebezellen cormophyter Pflanzen die Zellkerne während der Einschnürung ihren Bau nicht verändern und bestimmte Anordnungen in ihrem Fadengerüst nicht verrathen, müssen solche Anordnungen in den Zellkernen der Protozoen vorliegen, denn diese Zellkerne zeigen sich gestreift und machen oft characteristische Differenzirungsvorgänge durch. Ich weise hier nur auf die Streifung und Differenzirung der Infusorienkerne hin, wie sie von Bütschli[4]), R. Hertwig[5]) und Anderen beschrieben wurden, auch auf ähnliche Streifungen bei Flagellaten[6]) und monothalamen Rhizopoden[7]). In zahlreichen andern Fällen fehlen die Angaben über Streifung bei Schilderung der Einschnürungsvorgänge[8]).

1) Theil III, p. 60.

2) Archiv f. mikr. Anat. Bd. XX, p. 424 ff.

3) Ebendas. Bd. XXI. 1882, p. 341 ff.

4) Senckenberg. naturf. Gesellsch. Bd. X, 1876, p. 115 u. a.

5) Jenaische Zeitschrift Bd. XI, p. 156, 1877, auch Inaugural-Dissertation Leipzig 1875.

6) Bütschli, Zeitschr. für wissenschaftl. Zool. Bd. XXX, p. 256.

7) A. Gruber, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXXVI, p. 109.

8) Vergl. die Zusammenstellung in der III. Aufl. meines Zellenbuches p. 304 ff.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Angaben von Fr. Schmitz[1]) über das Verhalten der Zellkerne in der vielkernigen Valonia-Zelle. In dem oberen, wachsenden Ende der Zelle erfolgt die Theilung der Zellkerne mit sichtbar nachzuweisenden, wenn auch wenig prägnanten Differenzirungsvorgängen; in den älteren Abschnitten der Zelle theilen sich die Kerne durch einfache Abschnürung. „Während also in dem oberen Zellende", schreibt Schmitz, „der Vorgang der Kerntheilung in der Weise verläuft, dass die Substanz des Mutterkernes unter Auflockerung sich ausdehnt und dann wieder an zwei getrennten Stellen unter Verdichtung sich ansammelt, so unterbleibt in den älteren Theilen der Valonia-Zelle die Verdichtung der Kernsubstanz vollständig. Die ausgedehnten und aufgelockerten cylindrischen Zellkerne schnüren sich einfach in der Mitte durch und vermehren dadurch ihre Anzahl" [2]).

Die Zellkerne der ebenfalls vielkernigen Codium-Zellen nehmen nach Berthold Spindelform an, mit deutlich sichtbar sich machender Streifung, die Pole der Spindel schwellen allmählich an, während die Mitte sich schwach einschnürt. Es entsteht nun rasch die Bisquitform; hierauf die Hantelform mit langem Mittelstücke. Das Mittelstück verhält sich wie ein ächter Verbindungsfaden, wird nur schwach tingirt und nicht in die Kernanlage eingezogen, vielmehr von derselben losgelöst[3]).

Ganz ähnliche Erscheinungen konnte ich in den vielkernigen Zellen der Cladophoren beobachten und verweise hier auf meine Schilderung und die beigefügten Abbildungen[4]).

Neuerdings wurden von Schaarschmidt[5]) Streifen und Fäden in den sich theilenden Chlorophyllkörnern von Hartwegia comosa beschrieben. Hierüber theilt mir, auf meine Bitte, Dr. A. F. W. Schimper Nachstehendes mit, das ich mit dessen eigenen Worten folgen lasse:

„Die Theilung der Chlorophyllkörner von Hartwegia comosa

1) Siphonocladiaceen p. 27 u. ff.

2) l. c. p. 31 und Sitzungsber. d. niederrh. Gesellsch. 13. Juli 1880, Sep.-Abdr. p. 23.

3) Mitth. aus d. zool. Stat. zu Neapel Bd. II, Heft I, 1880.

4) Zellb. und Zellth. III. Aufl. p. 205, Taf. XIII. Fig. 9—19.

5) A Chlorophyll és a növenyi Sejtmag Morphologiájához. Kolozsvárt. 1881

wird nach Mikosch[1]) durch das Auftreten einer farblosen Platte in der Aequatorialzone des Chlorophyllkornes eingeleitet; die Theilung geht in derselben in gewohnter Weise, d. h. durch Einschnürung, vor sich. Schaarschmidt will dagegen in der farblosen Zone, nach Beginn der Einschnürung, eine Längsstreifung beobachtet haben. Die Erscheinung ist im frischen Zustande nicht sichtbar, soll aber nach Behandlung mit Osmiumsäure deutlich zum Vorschein kommen; Schaarschmidt will sogar festgestellt haben, dass die Streifen oder Fäden in den gefärbten Theilen des Chlorophyllkornes in kleine Körner endigen. Ich kann die Angaben von Mikosch nur bestätigen. Den von Schaarschmidt beschriebenen ähnliche Streifen oder Fäden habe ich nur unter Umständen beobachtet, welche es höchst wahrscheinlich machten, dass dieselben erst durch die Präparation entstanden waren. Ich habe übrigens nie mehr als 4 Fäden beobachtet. Dieselben sind an den Chlorophyllkörnern unversehrter Zellen stets unsichtbar, wohl aber konnte ich sie an den aufgequollenen Körnern aufgeschnittener Zellen meist mit Leichtigkeit erkennen; bei Behandlung mit Osmiumsäure war die Erscheinung ebenfalls nur an bereits gequollenen Körnern sichtbar: dasselbe gilt von der Pikrinsäure, während durch Behandlung mit Alkohol oder Salpetersäure die Fäden häufiger zum Vorschein kamen. Die Erscheinung scheint mir nur auf Vacuolenbildung in der zarten, farblosen Zone zu beruhen. Vacuolenbildung bei der Einwirkung von Wasser oder anderer Flüssigkeiten, sogar solcher, welche sonst die Structur des Plasma nur wenig verändern, ist bei Chlorophyllgebilden und ihren Verwandten, namentlich den Stärkebildnern, sehr häufig; die farblose Platte der in Theilung begriffenen Chlorophyllkörner ist viel weniger resistent als die gefärbten Theile desselben und scheint aus derselben Substanz wie die Stärkebildner zu bestehen."

In Theilung begriffene Chlorophyllkörner einer Mnium-Art zeigten mir mit $^1/_{18}$ Zeiss ein schönes regelmässiges Netzwerk, nicht anders als wie ruhende Zustände. Die Streckung des Korns und Einschnürung desselben störte in keiner Weise die Anordnung der inneren Maschen.

Nach alledem wäre ich nunmehr geneigt, eine andere Auf-

---

1) Oesterr. bot. Zeitschrift, 1877, p. 41—45, Fig. I—V.

fassung der directen Kerntheilung, als ich sie mir früher gebildet, hier zu vertreten.

Ich möchte die directe Kerntheilung als den ursprünglichen einfachsten Vorgang der Kerntheilung auffassen.

Dieser Vorgang hat sich bei den Chlorophyllkörnern bisher erhalten.

Er tritt uns in gewissem Sinne auch bei der Zelltheilung durch Einschnürung am protoplasmatischen Körper der Zelle entgegen.

Somit wären alle aus lebenden Protoplasmen bestehenden Elemente: Zelle, Zellkerne, Chlorophyllkörner einer Vermehrung durch directe Einschnürung fähig.

Zwischen directer und indirecter Kerntheilung wären denn in der That alle Uebergänge denkbar und mögen uns durch die verschiedenen Modificationen der Kerntheilung bei niederen Organismen vorgeführt werden.

Bei der von Schmitz untersuchten Valonia sind Uebergänge von directer zu indirecter Kerntheilung innerhalb derselben Zelle zu finden.

Die schliessliche Ausbildung der indirecten Kerntheilung, wie sie bei höher organisirten Thieren und Pflanzen vorliegt, beruht vornehmlich auf dem Ineinandergreifen der Zell- und Kerntheilungsvorgänge.

Es dringt Cytoplasma in den Zellkern ein und leitet die Kernfäden in die richtigen Bahnen, führt die Tochterkernelemente an ihre Bestimmungsorte.

Bei Thieren schwinden die Spindelfasern hierauf, sie haben ihre Function vollendet; bei höher organisirten Pflanzen vermehren sie sich noch, um auch die Elemente der Kernplatte in die richtige Lage zu bringen.

Da greifen die Vorgänge der Kern- und Zelltheilung derart in einander, dass eine Zelltheilung ohne vorhergehende Kerntheilung gar nicht mehr möglich ist.

Wohl aber kann in allen Fällen Kerntheilung ohne Zelltheilung stattfinden, wenn die eingeleiteten Processe nicht zu Ende geführt werden. In den vielkernigen Zellen mit indirecter Kerntheilung bei höher organisirten Pflanzen (den Embryosäcken u. dgl. m.) findet, eine Vermehrung der Verbindungsfäden, meist auch eine Anlage der Zellplatte statt, um alsbald wieder zu schwinden.

Diese Fälle sind von denjenigen typischen Vorgängen, die von Zelltheilung gefolgt werden, abzuleiten.

Ein eigenthümlicher abgeleiteter Fall war mir auch in den Sporenmutterzellen von Anthoceros und den Makrosporenmutterzellen von Isoëtes entgegengetreten, wo zwar das Cytoplasma in gewohnter Weise in die Theilung des Zellkerns eingreift, die Verbindungsfäden der Tochterkerne aber nicht zur Zelltheilung verwerthet werden. Für letztere dienen vielmehr Verbindungsfäden aus Cytoplasma zwischen den Theilstücken der Chromatophoren. Neben dem Zellkern liegt hier vorerst nämlich ein protoplasmatischer, stärkeführender, farbloser oder grün gefärbter Körper, den ich daher auch als Chromatophor bezeichne und dieser theilt sich in zwei, dann in vier Stücke, bevor die Theilung des Zellkerns beginnt. Es bleiben Verbindungsfäden zwischen den auseinanderweichenden Theilen des Chromatophors zurück und zeigen, dass das umgebende Cytoplasma in die Theilung desselben ebenfalls eingreift, eventuell auch um die Theilungsproducte an ihre Bestimmungsorte zu führen. Hierauf werden die zurückgebliebenen Verbindungsfäden vermehrt und die Zellplatte in gewohnter Weise in ihnen ausgebildet. Es liegt somit in mancher Beziehung ein Verhältniss der Zelltheilung zur Chromatophortheilung, wie sonst zur Kerntheilung vor. Dieser Fall scheint mir sehr instructiv und geeignet, das Verhältniss der Zelltheilung und Kerntheilung bei höheren Pflanzen in das rechte Licht zu stellen, nämlich als das Verhältniss zweier Vorgänge, die an sich verschieden in einander greifen und sich nun in dieser Anpassung auch gegenseitig bedingen. Bei Anthoceros, Isoëtes kann sich somit die Zelltheilung ohne alle Hülfe des Zellkerns abspielen und hängt von der Theilung des Chromatophors (eines Chlorophyllkörpers, resp. Stärkebildners) ab. Der Chromatophor theilt sich durch Einschnürung, der Zellkern mit der bei höher organisirten Pflanzen gewohnten Differenzirung [1]).

Soweit meine Erfahrungen bis jetzt reichen, wird bei den höher organisirten Pflanzen eine directe Kerntheilung von Zelltheilung nie gefolgt; denn es fehlen bei der direkten Kerntheilung die Verbindungsfäden, welche hier die Tochterkernanlagen an die

1) Die nähere Beschreibung und die Abbildungen hierzu, vergl. Zellb. und Zellth. III. Aufl. p. 161, Taf. X.

richtige Stelle führen und die Stütze für spätere Verbindungfäden und für die Zellplatte abgeben und an welche die Zelltheilung eben angepasst ist. Auch in thierischen Zellen mit indirekter Kerntheilung würden die Tochterkernanlagen ohne Verbindungsfäden nicht in die richtige Lage gelangen, und somit nicht die Bedingungen hergestellt werden, unter welchen die Zelle sich zu theilen pflegt. So ist denn bis jetzt an Orten, wo Zelltheilung mit indirekter Kerntheilung verknüpft ist, Zelltheilung mit directer Kerntheilung noch nicht beobachtet worden. Unmöglich ist sie freilich auch dort nicht, denn wir wissen, dass Verbindungsfäden frei in Cytoplasma entstehen können[1]) und bei niederen Organismen die Tochterkerne, ohne Verbindungsfäden, durch das Cytoplasma in ihre Stellung geleitet werden.

Bei typischer Einschnürung zeigt der Kern zunächst keine besonders markirte Anordnung seiner inneren Theile. Mit fortschreitender Differenzirung beginnt sich eine solche Anordnung sichtbar zu machen, sie tritt als sogenannte Streifung auf.

Auch bei höchster Ausbildung der Kerntheilungsvorgänge finden wir, dass das Cytoplasma in die Kernhöhle erst nach erfolgter Segmentirung des Nucleoplasmafadens eindringt, nachdem zuvor schon die Fadenstücke eine ganz bestimmte Anordnung angenommen. Diese Segmentirungen und Anordnungen beruhen somit auf eigenmächtig im Nucleoplasma sich abspielenden Bewegungserscheinungen.

Die leitende Rolle des eindringenden Cytoplasma beruht nur auf der Führung der Kernplattenelemente an ihre Bestimmungsorte. Die Umbiegungen, welche die einzelnen Kernfäden hierbei erfahren, ihr Verhalten bei Vereinigung zu den Tochterkernanlagen, sowie die weiteren Differenzirungen innerhalb derselben, sind selbsteigene Lebensvorgänge am Nucleoplasma.

Das Cytoplasma regt aber die Vorgänge zu der indirecten Kerntheilung an. Das beweist nicht nur die gleichzeitige Theilung der Zellkerne in vielkernigen Zellen höherer Pflanzen[2]), son-

1) In simultan sich theilenden Pollen- und Sporen-Mutterzellen, dem protoplasmatischen Wandbeleg der Embryosäcke u. s. w. Vergl. Zellb. und Zellth. III. Aufl. p. 353 u. a. m.

2) Vergl. hierzu meine „neuen Beobachtungen über Zellb. u. Zellth.“ Bot. Zeitung 25. April 1879, Sp. 267; Treub, Comptes rendus 1. Sept. 1879. Sep.-Abdr. p. 2, Flemming Theil II, 1880, p. 190.

dern auch die häufig festzustellende Ansammlung von Cytoplasma um den Zellkern vor Beginn der Kerntheilung.

Diese Ansammlung ist in thierischen Eiern, in den Zellen von Spirogyra beobachtet worden. Ein interessanter Fall kam in dieser Arbeit für Galanthus nivalis hinzu, wo im Wandbeleg des Embryosackes das um den noch ruhenden Zellkern sich ansammelnde Cytoplasma sich sogar längstreifig zeigte, entsprechend der späteren Längsaxe der zu bildenden Kernspindel.

Dass auch bei niederen, einkernigen Organismen Kern- und Zelltheilung zusammenfallen, mag ebenfalls durch den Einfluss des Cytoplasma auf den Zellkern bedingt sein. Beispiele hierfür sind verschiedentlich angeführt worden: so für Aeineten, wo bei Podophrya quadripartita die Anlage der Schwärmsprösslinge schon einen Wimperkranz und eigene contractile Vacuole besitzt, bevor noch ein Fortsatz des mütterlichen Kerns in die Anlage hineinwächst[1]; so neuerdings für monothalame Rhizopoden, wo oft zweifellos auch die Theilungsvorgänge sich zunächst am „Körper" sichtbar machen, und hierauf erst der Zellkern in dieselben eintritt[2]). Die Einwirkung des Cytoplasma auf den Zellkern bleibt hier aber eine peripherische, in dem Sinne, dass kein differenzirtes Cytoplasma in den Zellkern dringt.

Ich bleibe somit bei meiner schon früher ausgesprochenen Auffassung, dass der Zellkern die Zelltheilung nicht beherrscht. Ich meine vielmehr, dass in allen denjenigen Fällen, wo Kern- und Zelltheilung zusammenfallen, die Kerntheilung durch das Cytoplasma angeregt wird. Ja, in den Fällen höchster Differenzirung dringt das Cytoplasma in den Zellkern ein und führt dessen Theile an ihre Bestimmungsorte, um weiterhin die Zelltheilung zu vollziehen.

Dagegen dürfte das Cytoplasma ohne allen Einfluss auf die typischen Vorgänge directer Kerntheilung sein.

Auch können sich bei niederen Organismen directe Kerntheilungen mit Streifung der Substanz abspielen, ohne dass ein Eindringen von Protoplasma in den Zellkern anzunehmen wäre.

Diese letztere Art der directen Theilung dürfte aber die Aus-

---

1) Bütschli, Jenaische Zeitschrift Bd. XI, p. 182; für andere Beispiele vergl. Zellb. u. Zellth. III. Aufl. p. 360.

2) A. Gruber l. c. p. 121.

gangspunkte für Ausbildung der indirecten Kerntheilung mit eindringendem Cytoplasma abgegeben haben. Möglicherweise ist der einfache Faden, der bei der Theilung der Codium- und Cladophorakerne ausgestossen wird, schon auf geringe Mengen von eingedrungenem Cytoplasma zurückzuführen.

Die grosse Uebereinstimmung der Vorgänge indirecter Kerntheilung bei höher organisirten Pflanzen und Thieren, während am Ursprung beider Reiche andere Kerntheilungsvorgänge bestehen, drängt aber immer wieder die Vorstellung auf: es könne nicht die phylogenetische Ausbildung der Kern- und Zelltheilungsvorgänge eine rein zufällige, vielmehr das erreichte Resultat durch die Eigenschaften der Substanz von Anfang an bedingt gewesen sein.

Die Erkenntniss, dass die indirecte Kerntheilung an die directe anschliesst und von dieser abzuleiten sei, veranlasst mich die Bezeichnung „Fragmentation" für die directe Kerntheilung aufzugeben und nur „directe Theilung" oder „Theilung durch Einschnürung" für dieselbe zu brauchen. Die Bezeichnung Fragmentation möchte ich in Zukunft auf diejenigen Fälle beschränkt sehen, wo ein wirklicher, mit Desorganisation vorhandener Zerfall der Zellkerne vorliegt. Solchen Fällen begegnete ich in alten Suspensorien von Orobus und Pisum und auch in dem Wandbeleg der Embryosäcke derselben Pflanzen, wo eine Vielzahl von Kernen durch indirecte Theilung gebildet wird, doch kein Endosperm entsteht, vielmehr diese Kerne, sich nun fragmentirend, der Desorganisation unterliegen.

## Erklärung der Abbildungen auf Tafel I, II und III.

Fig. 1—51. Fritillaria persica L.

Figur 5 und 22 sind 1100 Mal, die andern 800 Mal vergrössert. Nach Alcohol-Safranin-Nelkenöl-Präparaten.

Fig. 1—4. Pollenmutterzellen noch im Gewebeverbande, allmähliche Grössenzunahme ihres Zellleibes und Zellkernes und die fortschreitende Differenzirung des letzteren zeigend. In Fig. 2 sind die Nucleolen verschwunden und das Netzwerk hat sich in ein Knäuelwerk verwandelt. In Fig. 3 hat die Secretion der später auszustossen-

den Substanz begonnen. In Fig. 4 hat diese Substanz Kugelform angenommen.

Fig. 5. Ein durch Quellung vergrösserter Zellkern desselben Entwicklungszustandes wie Fig. 4, den Verlauf der Fadenwindungen und den Bau des Fadens besonders deutlich zeigend.

Fig. 6 u. 7. Trennung des Fadenknäuels in Fadenstücke und Verkürzung derselben durch korkzieherförmiges Einrollen.

Fig. 8. Fertigstellung der relativ kurzen, dicken Fadenabschnitte, an denen eine Abwechselung hellerer und dunklerer Substanzscheiben zu unterscheiden ist.

Fig. 9. Zusammenklappen der Fadenstücke.

Fig. 10 u. 11. Die doppelt zusammengesetzten Fadenstücke auf nachfolgendem Entwicklungszustand; die Kernwandung beginnt sich an einzelnen Stellen zu verlieren und das Cytoplasma in die Kernhöhle einzuwandern. Das Secretkügelchen ist noch in ursprünglicher Grösse vorhanden.

Fig. 12. Eindringen des Cytoplasma in die Kernhöhle und Zusammenrücken der Kernelemente. Das Secretkügelchen nimmt an Grösse ab.

Fig. 13 u. 14. Auseinanderweichen der Kernelemente, das Secretkügelchen wandert gegen die Peripherie.

Fig. 15—19. Auftreten der Spindelfasern aus Cytoplasma. Einwandern der Kernelemente in die Lage der Kernplatte.

Fig. 20 u. 21. Fertige Kernspindeln.

Fig. 22. Ein stärker vergrössertes, deutlich die doppelte Zusammensetzung zeigendes Elementpaar der Kernplatte.

Fig. 23. Die Kernplatte in schräger Ansicht.

Fig. 24 u. 25. Kernplatten in der Polansicht.

Fig. 26—28. Auseinanderweichen beider Kernplattenhälften. Trennung und Umbiegung der Elemente an deren Polenden.

Fig. 29—32. Weitere Stadien des Auseinanderweichens.

Fig. 33. Eine der Tochterkernanlagen von der Polseite.

Fig. 34 u. 35. Die Tochterkernelemente an den Polenden der Spindel angelangt, sich seitlich an einander legend.

Fig. 36. Die Kernelemente perlschnurförmige Einschnürungen zeigend. Anlage der Zellplatte.

Fig. 37. Einer der Tochterkerne von der Polseite.

Fig. 38. Die Kernelemente nehmen ein feinpunktirtes Aussehen an. Weitere Ausbildung der Zellplatte.

Fig. 39. Die Kernelemente verschmelzen an ihren Enden mit einander. Weitere Ausbildung der Zellplatte.

Fig. 40. Ausbildung des fertigen Zustandes.

Fig. 41. Die Kernfäden beginnen sich von Neuem zusammenzuziehen. Seitenansicht des Kerns.

Fig. 42. Frontansicht des Kerns auf einem der vorhergehenden Figur entsprechenden Entwicklungszustande.

Fig. 43—45. Weitere Differenzirungszustände, welche die Spindelbildung vorbereiten.

Fig. 46 u. 47. Rechts äquatoriale, links polare Ansicht der Kernspindel. Auf diesem Stadium treten erst die Spindelfasern auf.

Fig. 48. Links Kernspindel, rechts Theilung derselben. Die Enkelkernelemente stabförmig.

Fig. 49. Enkelkerne schräg von der Polseite; die Zahl und Anordnung der Elemente zeigend.

Fig. 50. Weitere Differenzirung der Enkelkerne; Verschmelzung der Elemente an ihren Enden.

Fig. 51. Nächstfolgender Zustand; Ausbildung der Zellplatten.

Fig. 52—54. Lilium candidum L.
Vergr.: 540 Mal.
Essigsäure-Methylgrün-Präparate.

Fig. 52. Eine Pollenmutterzelle aus dem Gewebeverband. Fadenknäuel in der Kernhöhle, zurückgezogen von der Kernwandung. Secretkörperchen.

Fig. 53. Kernspindeln des zweiten Theilungsschrittes.

Fig. 54. Kernplatte vom Pol aus gesehen.

Fig. 55 u. 56. Funkia Sieboldiana Lodd.
Vergr.: 540 Mal.
Essigsäure-Methylgrün-Präparate.

Fig. 55 u. 56. Zwei Kernplatten (primäre Spindel), vom Pol aus gesehen.

Fig. 57 u. 58. Alstroemeria chilensis Lood.
Vergr.: 540 Mal.
Essigsäure-Methylgrün-Präparate.

Fig. 57. Primäre Kernspindel innerhalb einer Pollenmutterzelle, von der Seite.

Fig. 58. Dieselbe vom Pol aus gesehen.

Fig. 59—65. Hemerocallis fulva L.
Vergr.: 540 Mal.
Fig. 61 nach einem Alcohol-Safranin-Nelkenöl-Präparate, die übrigen Figuren nach Essigsäure-Methylgrün-Präparaten.

Fig. 59. Eine Pollenmutterzelle aus dem Gewebeverbande. Mehrere Nucleolen.

Fig. 60. Die Nucleolen verschwunden; das Secretkörperchen vorhanden.

Fig. 61. Der Fadenknäuel in sehr kurze, bereits zusammengelegte Stücke zerfallen. Alcohol-Präparat, daher contrahirt und das Bild relativ klein.

Fig. 62. Die fertige, primäre Kernspindel.

Fig. 63. Theilung des primären Kerns, ein Kernplattenelement ist im Aequator zurückgeblieben.

Fig. 64. Bildung der Zellplatte, das zurückgebliebene Kernplattenelement differenzirt sich zu einem kleinen Kern und wird durch Zellplatten abgeschlossen.

Fig. 65. Weiterer Zustand, nachdem die Zellplatten die Mutterzellwand erreichten.

Fig. 66—68. Equisetum limosum.
Vergr.: 540 Mal.
Alcohol-Methylgrün-Präparate.

Fig. 66. Sporenmutterzelle noch im Gewebeverbande. In der Kernhöhle der Fadenknäuel aus Kernsubstanz und das anliegende Secretkügelchen.

Fig. 67. Eine Mutterkernspindel.

Fig. 68. Theilung einer Tochterkernspindel.

Fig. 69 u. 70. Psilotum triquetrum.
Vergr.: 540 Mal.
Alcohol-Methylgrün-Präparate.

Fig. 69. Sporenmutterzelle, deren Zellkern mit feinem Fadenknäuel und kleinem Secretkörperchen.

Fig. 70. Der Zellkern mit isolirten Fadenstücken (scheinbaren Körnern), die alle der Kernwandung anliegen.

Fig. 71—97. Fritillaria imperialis.
Fig. 73b 1100 Mal, die übrigen 540 Mal vergrössert.
Alcohol-Safranin-Nelkenöl-Präparate.
Junges Endosperm.

Fig. 71. Ruhender Zellkern.

Fig. 72. Ausbildung des Fadenknäuels.

Fig. 73a. Der Fadenknäuel.

Fig. 73b. Ein Stück Kernfaden, sehr stark vergrössert, die Zusammensetzung aus abwechselnd tingirten und nicht tingirten Scheiben zeigend.

Fig. 74—81. Zur Kernspindelbildung führende Stadien.

Fig. 82—84. Kernspindeln.

Fig. 85. Eine Kernplatte vom Pol aus gesehen.

Fig. 86. Eine Kernspindel mit ungewöhnlich flacher Kernplatte.

Fig. 87—90. Stadien der vom Aequator nach dem Pol zu fortschreitenden Umbiegung der Kernfäden.

Fig. 91 u. 92. Tochterkernanlagen während des Auseinanderweichens vom Pol aus gesehen.

Fig. 93 u. 94. Weitere Stadien der Tochterkerndifferenzirung. Zusammenrücken der Fäden an den Polen und beginnende Schlängelung derselben.

Fig. 95. Kernanlagen aus gewundenen Fäden gebildet, schräg von einem der Pole aus.

Fig. 96. Die Fadenwindungen dicht an einander gerückt.

Fig. 97. Differenzirung des feinen Fadenknäuels des Ruhezustandes. Vorgeschrittenes Stadium der Zellplattenbildung.

Fig. 98—105. Fritillaria imperialis.

Vergr.: 540 Mal.

Alcohol-Safranin-Nelkenöl-Präparate.

Freie Kerntheilung im Wandbeleg des Embryosackes.

Fig. 98. Ein Kern mit Fadenknäuel, die Kernkörperchen werden in die Windungen desselben aufgenommen.

Fig. 99. Quere Streckung der Windungen.

Fig. 100—103. Einseitige Segmentirung; Auseinanderlegen der Schleifen.

Fig. 104 u. 105. Fast fertige Kernspindeln.

Fig. 106—112. Lilium Martagon.

Vergr.: 540 Mal.

Aeltere Alcohol-Präparate nach Safranin-Nelkenöl-Behandlung.

Freie Kerntheilung im Wandbeleg des Embryosackes.

Fig. 106—110. Vorbereitende Stadien der Kernspindelbildung.

Fig. 111 u. 112. Fertige Kernspindeln.

Fig. 113—118. Lilium croceum.

Fig. 114 und 115 800 Mal, die andern 540 Mal vergrössert.

Aeltere und neue Alcohol-Präparate nach Safranin-Nelkenöl-Behandlung.

Freie Kerntheilung im Wandbeleg des Embryosackes.

Fig. 113. Fertige Kernspindel.

Fig. 114—116. Umbiegen der Kernfäden und beginnendes Auseinanderweichen derselben.

Fig. 117. Tochterkernanlagen, aus gewundenen Fäden bestehend.

Fig. 118. Fast reife Tochterkerne; Bildung einer transitorischen Zellplatte.

Fig. 119—140. Galanthus nivalis.

Fig. 139 und 140 540 Mal, die übrigen Figuren 800 Mal vergrössert.

Alcohol-Safranin-Nelkenöl-Präparate.

Freie Kerntheilung im Wandbeleg des Embryosackes.

Fig. 119. Ruhender Zellkern.

Fig. 120. Der Kernfaden stärker, das Kernkörperchen noch unverändert.

Fig. 121. Ein Kern mit Fadenknäuel in einer spindelförmigen und gestreiften Ansammlung von Cytoplasma liegend.

Fig. 122—128. Ausbildung der Kernspindel.

Fig. 129. Eine fertige Kernspindel.

Fig. 130—132. Umbiegung der Fäden und beginnendes Auseinanderweichen der beiden Kernplattenhälften.

Fig. 133—138. Anlage der Tochterkerne.

Fig. 139—140. Ausbildung der Tochterkerne.

Fig. 141—143. Hyacinthus orientalis.

Vergr.: 800 Mal.

Alcohol-Safranin-Nelkenöl-Präparate.

Fig. 141. Zelle mit Kernspindel aus dem Blüthenschafte.

Fig. 142. Vorgerückteres Zell- und Kerntheilungs-Stadium aus demselben Gewebe.

Fig. 143. Tochterkernanlagen mit Cytoplasma-Tonnen aus dem protoplasmatischen Wandbeleg des Embryosackes.

Fig. 144—148. Differenzirung der Tochterkerne; in Figur 145 und 146 ist die Verschmelzung der Kernfäden an ihren Enden schön zu sehen. Ebenfalls aus dem Wandbeleg des Embryosackes.

Fig. 149. Iris sibirica.

Vergr. 800.

Altes Alcohol-Präparat nach Safranin-Nelkenöl-Behandlung.

Fig. 149. Kernspindel aus dem Wandbeleg des Embryosackes.

Fig. 150. Asparagus officinalis.

Vergr. 800.

Aelteres Alcohol-Präparat nach Safranin-Nelkenöl-Behandlung.

Fig. 150. Kernspindel aus einer Gewebe-Zelle des Stengels.

Fig. 151—160. Dictamnus albus.

Vergr. 800.

Aeltere Alcohol-Präparate, nach Safranin-Nelkenöl-Behandlung. Aus dem Wandbelege des Embryosackes.

Fig. 151. Zellkern mit deutlichem Fadenknäuel.

Fig. 152 und 153. Vorbereitung zur Spindelbildung.

Fig. 154. Die fertige Kernspindel.

Fig. 155. Auseinanderweichen der Kernplattenhälften.

Fig. 156. Gegenseitige Annäherung der Elemente in den Tochterkernanlagen.

Fig. 157. Verschmelzung der Fadenenden; Zustand der stärksten Contraction der Figur.

Fig. 158—160. Ausbildung der Tochterkerne.

Fig. 161. Corydalis cava Whlbrg.

Vergr. 800.

Aelteres Alcohol-Präparat nach Safranin-Nelkenöl-Behandlung.

Fig. 161. Kernspindel aus einer jungen Endospermzelle.

Fig. 162—179. Spirogyra majuscula.

Fig. 162 800 Mal, die übrigen 540 Mal vergrössert.

Aeltere Alcohol-Präparate nach Safranin-Nelkenöl-Behandlung.

Fig. 162. Ruhender Zellkern von der Fläche.

Fig. 163 und 164. Bildung der Kernplatte.

Fig. 165 und 166. Fertige Kernspindeln.

Fig. 167. Auseinanderweichen der Kernplattenhälften.

Fig. 168 und 169. Weitere Zustände des Auseinanderweichens.

Fig. 170—179. Ausbildung der Tochterkerne. Die Figuren 170 und 178 in Flächenansicht, die andern in Seitenansicht.

Fig. 180. Leucoium aestivum.

Vergr. 800.

Alcohol-Methylgrün-Präparat.

Fig. 180. Kernspindel mit drei Polen, aus dem Wandbeleg des Embryosackes.

Fig. 181—213 Salamandra.

Vergr. 800.

Fig. 187, 190, 193—196, 202, 205—207 und 211 nach einem Hämatoxylin-Präparat; die übrigen nach Safranin-Nelkenöl-Präparaten. Die Präparate aus Larven und zwar dem Kiemenblatt- und Mundepithel entnommen.

Fig. 181. Ruhender Zellkern.

Fig. 182. Zusammenziehung des Fadens.

Fig. 183. Fadenknäuel mit dickem und noch zusammenhängendem Faden.

Fig. 184. Der Faden segmentirt.

Fig. 185 und 186. Beginnende Umlagerung der Fäden.

Fig. 187. Kranzform noch vor Unterbrechung der äusseren Umbiegungen der Schleifen. Polaransicht.

Fig. 188 und 189. Aequatorialansichten zu 187.

Fig. 190 und 191. Kranzform, nach erfolgter Halbirung der Fadenschleifen; Auftreten der Spindelfasern. Polaransicht.

Fig. 192. Gestreckte Kranzform nach erfolgter Halbirung der Fadenschleifen Die Fäden flach, mit doppelter Mikrosomenreihe. Polaransicht.

Fig. 193—196. Anordnung der Fadenschleifen zur Kernplatte. Hämatoxylin-Präparat. Die Spindelfasern sichtbar. Polare Sonnen. Aequatorialansichten.

Fig. 197. Anordnung der Fadenschleifen zur Kernplatte. Safranin-Nelkenöl-Präparat, die Spindelfasern unsichtbar. Aequatorialansicht.

Fig. 198—207. Fertige Kernspindeln; so weit die Spindelfasern sichtbar, nach Hämatoxylin-Präparaten, die andern nach Safranin-Nelkenöl-Präparaten. Aequatorialansichten mit Ausnahme der Fig. 203, die eine polare Ansicht der Kernplatte giebt. Die Kernplatten zum Theil radiär, zum Theil symmetrisch gebaut. In Fig. 200 sehr flache Fäden, mit doppelter Mikrosomreihe, in der Kernplatte.

Fig. 208. Umbiegung der Kernplattenelemente.

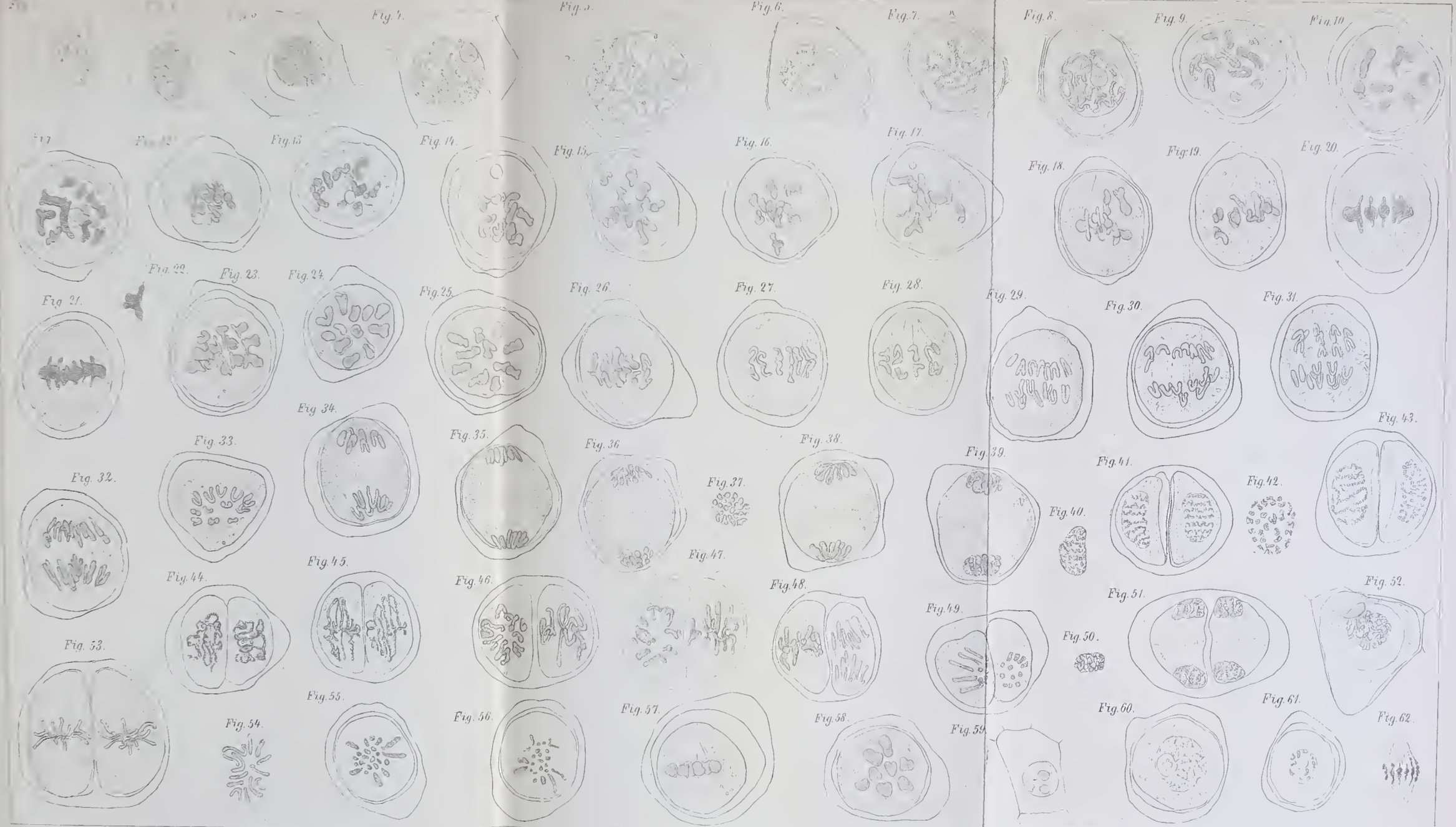
Fig. 209—212. Auseinanderweichen der beiden Tochterkernanlagen.

Fig. 213. Feinkörnigwerden und Ausspinnen des Kernfadens.

Fig. 214. Nitella translucens.

Fig. 214. Ein Zellkern aus einer Internodialzelle, 1100 mal vergrössert nach Prikrinsäure-Fixirung und Hämatoxylin-Tinktion.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.




Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

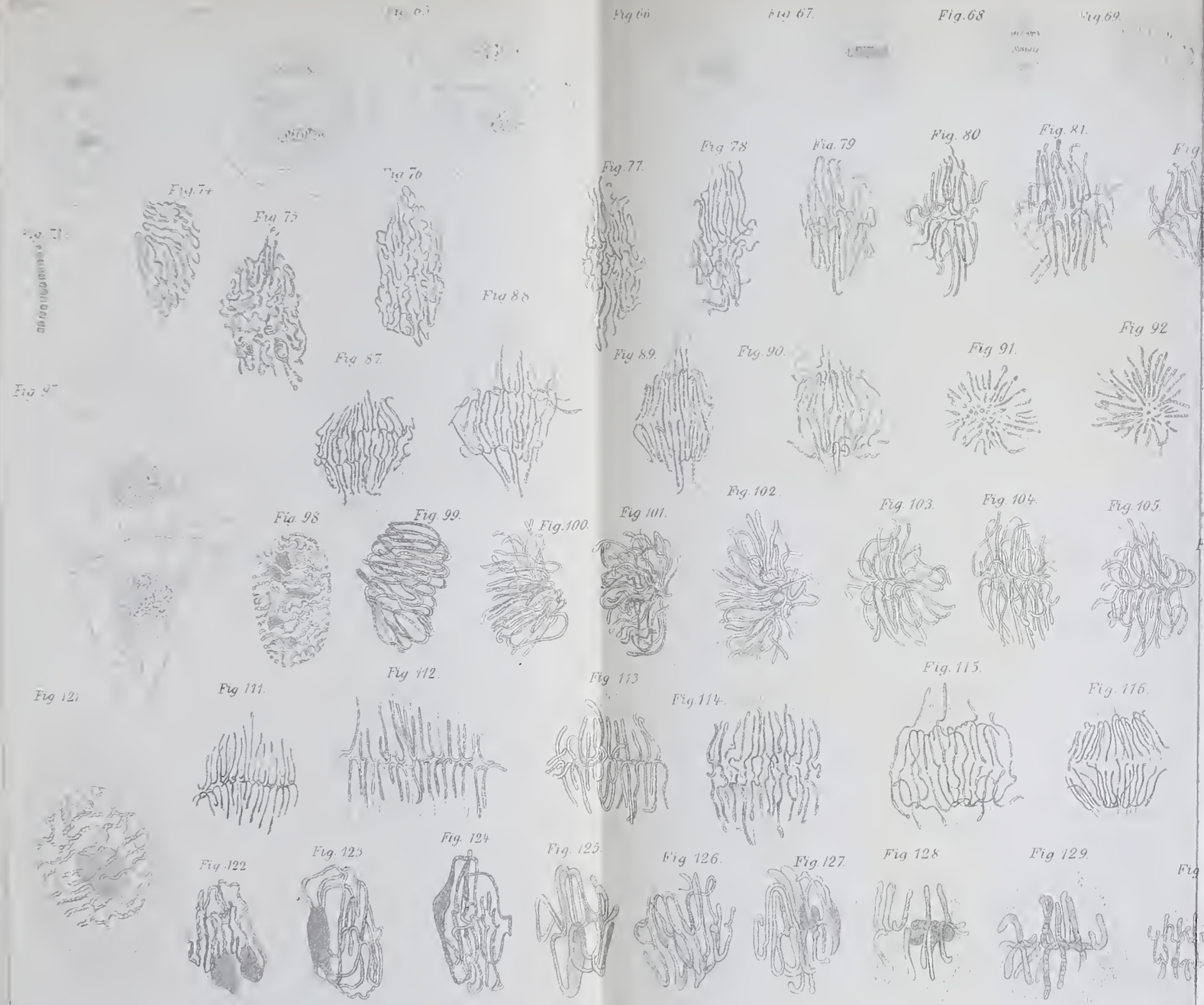


Fig 66
Fig 67.
Fig.68
Fig.69.
Fig 70.
Fig 71.
Fig 72.
Fig.73
Fig 74
Fig 75
Fig 76
Fig 77.
Fig 78
Fig 79
Fig 80
Fig 81.
Fig 82.
Fig 83
Fig 84.
Fig 85.
Fig 86
Fig 87.
Fig 88
Fig 89.
Fig 90.
Fig 91.
Fig 92
Fig 93.
Fig 94
Fig 95
Fig 96
Fig 98
Fig 99.
Fig.100.
Fig 101.
Fig 102.
Fig 103.
Fig 104.
Fig 105.
Fig.106
Fig 107.
Fig 108
Fig.109
Fig.110.
Fig 111.
Fig 112.
Fig 113
Fig.114.
Fig 115.
Fig 116.
Fig.117.
Fig 118.
Fig 119.
Fig 120
Fig 122
Fig 123
Fig 124
Fig 125.
Fig 126.
Fig 127.
Fig 128
Fig 129.
Fig 130.
Fig 131.
Fig 132.
Fig 133.
Fig 134

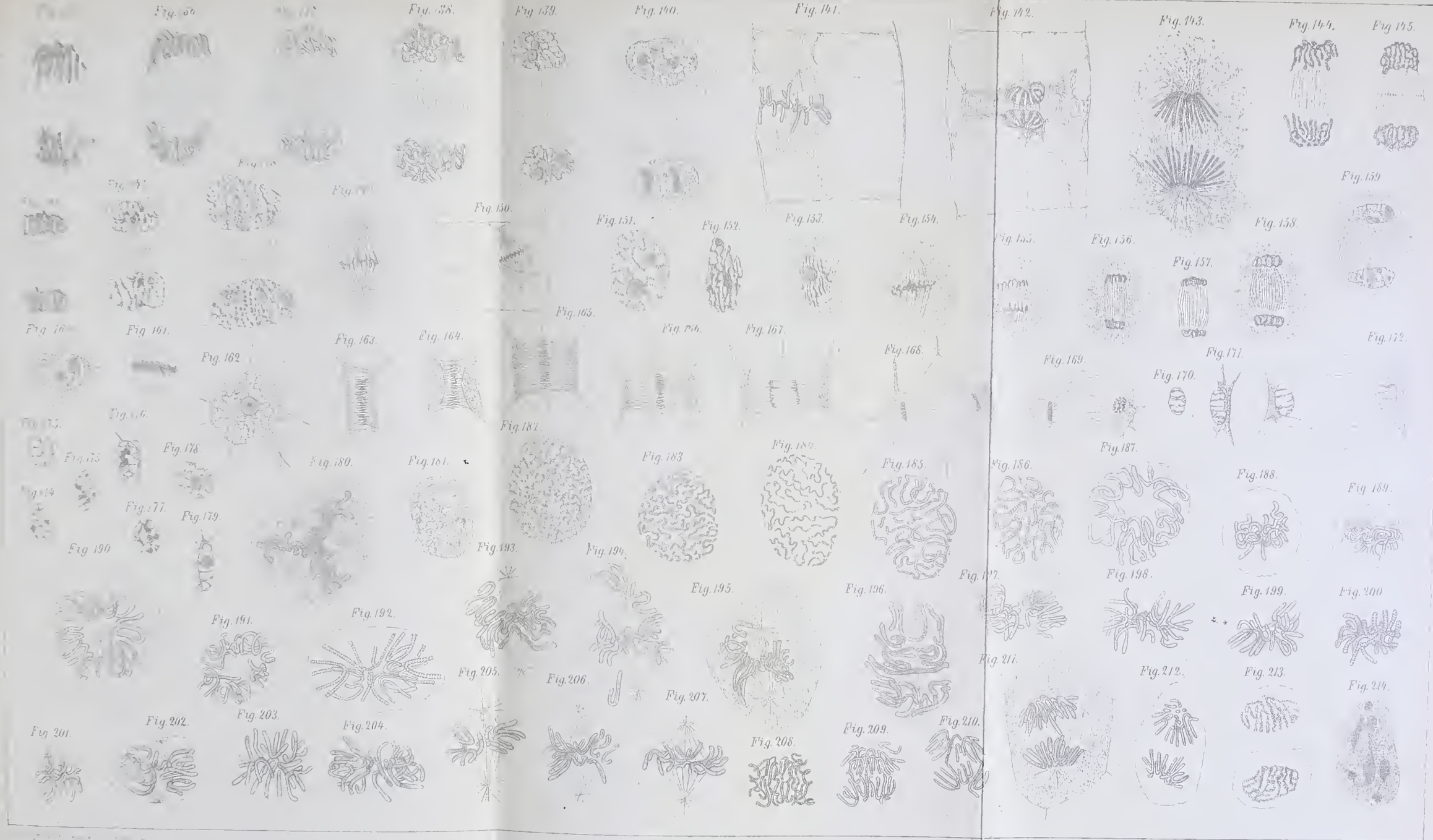


Fig. 138.
Fig. 139.
Fig. 140.
Fig. 141.
Fig. 142.
Fig. 143.
Fig. 144.
Fig. 145.
Fig. 150.
Fig. 151.
Fig. 152.
Fig. 153.
Fig. 154.
Fig. 155.
Fig. 156.
Fig. 157.
Fig. 158.
Fig. 159.
Fig. 161.
Fig. 162.
Fig. 163.
Fig. 164.
Fig. 165.
Fig. 166.
Fig. 167.
Fig. 168.
Fig. 169.
Fig. 170.
Fig. 171.
Fig. 172.
Fig. 176.
Fig. 180.
Fig. 181.
Fig. 182.
Fig. 183.
Fig. 184.
Fig. 185.
Fig. 186.
Fig. 187.
Fig. 188.
Fig. 189.
Fig. 190
Fig. 191.
Fig. 192.
Fig. 193.
Fig. 194.
Fig. 195.
Fig. 196.
Fig. 197.
Fig. 198.
Fig. 199.
Fig. 200
Fig. 201.
Fig. 202.
Fig. 203.
Fig. 204.
Fig. 205.
Fig. 206.
Fig. 207.
Fig. 208.
Fig. 209.
Fig. 210.
Fig. 211.
Fig. 212.
Fig. 213.
Fig. 214.